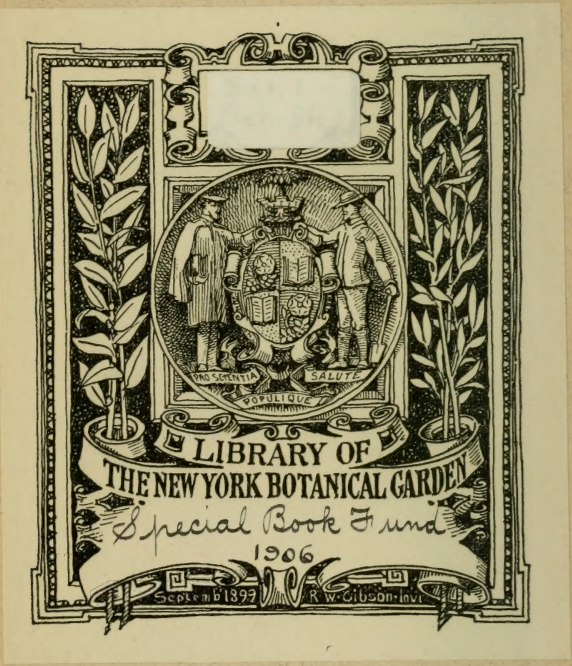

PRO SCIENTIA ATQUE SALUTE
REPUBLIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Special Book Fund
1906
Septemb 1897
R.W. Gibson Invt.

Die Ernährung der Pflanzen.

Mit besonderer Berücksichtigung der

Culturgewächse

und der

landwirthschaftlichen Praxis

nach den neuesten Forschungen für Landwirthe und Pflanzenforscher

bearbeitet von

Dr. Wilhelm Schumacher

in Glehn.

Mit in den Text gedruckten Holzschnitten.

Erste Abtheilung.

BERLIN.

Georg Ferdinand **Otto Müller's Verlag.**

1864.

Die
Ernährung der Pflanze.

Mit besonderer Berücksichtigung der

Culturgewächse

und der

landwirthschaftlichen Praxis

nach den neuesten Forschungen für Landwirthe und Pflanzenforscher

bearbeitet von

Dr. Wilhelm Schumacher
in Glehn.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

Mit 40 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Berlin.
Grg. Ferd. OTTO MÜLLER's Verlag.
1864.

QR867
.S38

Die Uebertragung in fremde Sprachen ist ohne Einwilligung des Verfassers nicht gestattet.

Seiner Hochwohlgeboren

dem Geheimen Regierungs-Rathe

Herrn Professor Dr. E. Hartstein

Director der landwirthschaftlichen Akademie zu Poppelsdorf,
Ritter des Rothen Adler-Ordens u. s. w. u. s. w.

meinem Lehrer der Landwirthschaft

hochachtungsvoll

gewidmet.

HORTUS REG.
BOTANIC.
REGIMONTAN.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Vorwort.

Wenn man die heutigen Lehrbücher der Pflanzenphysiologie aufschlägt, so wird man vergebens nach einer ausführlichen Darstellung der pflanzlichen Ernährungserscheinungen suchen; noch mehr gilt das aber von den Lehrbüchern der Landwirthschaft und Pflanzencultur. In den Lehrbüchern der Landwirthschaft und Agriculturchemie war es hauptsächlich der Boden, welchem man die ganze Aufmerksamkeit zuwendete, weniger Beachtung fanden die Lebenserscheinungen der Pflanze selbst. Da nun aber gerade die Kenntniss von den pflanzlichen Lebenserscheinungen die Grundlage der rationellen Landwirthschaft bildet, so hat sich vorzugsweise der Landwirth über den Mangel eines ausführlichen Lehrbuches der Pflanzenernährung zu beklagen, und nur wenige gebildete und strebsame Landwirthe wird es geben, die diesen Mangel nicht schon empfunden hätten. Diese Lücke unserer Literatur auszufüllen, ist das vorliegende Werk bestimmt. Ohne Physiologie und Agriculturchemie zu sein, behandelt es ausführlich alle Ernährungserscheinungen der Pflanzen und besonders der Culturpflanzen; die chemischen und physicalischen Vorgänge im Boden und in der Atmosphäre, welche in Beziehung zur Pflanzenernährung stehen, sowie die kosmischen Einwirkungen auf die Pflanzenernährung finden ihre gehörige Berücksichtigung. Nicht zu einer Compilation von agriculturchemischen Untersuchungen, physiologischen Experimenten und landwirthschaftlich practischen Erfahrungen hat sich das Werk gestaltet, sondern es ist eine zu einem organischen Ganzen verwebte wissenschaftliche systematische Durcharbeitung der sämmtlichen Ernährungserscheinungen. Das Werk ist hauptsächlich darauf berechnet, den Landwirthen die

MAY 17 1906

naturgesetzlichen Bedingungen der Pflanzencultur, insofern dieselben sich auf die Ernährung beziehen, zu zeigen und ihn zum wissenschaftlich selbst bewussten Handeln zu führen, dann soll es aber auch dem Pflanzenforscher die Pflanzenernährung in einer systematischen Darstellung vorführen, um ihm die dunklen Seiten, die unerklärten Erscheinungen in derselben, die gerade in der systematischen Darstellung am sichtlichsten hervortreten, zur Anschauung zu bringen.

Ich habe es versucht, auf inductivem Wege Andeutungen des Gesetzlichen in bis dahin unerklärten Erscheinungen zu gewinnen; sollte ich mich in meinen Ansichten geirrt haben, so wird der Leser, der weiss, dass auf solchem Wege der Irrthum des Wanderers steter Begleiter ist, mir dies nicht zum Vorwurf machen; Einseitigkeit und Beschränktheit benutzen freilich solche Irrthümer gern zu Angriffen, doch wird man darüber hinweggehen. Da mein Streben nach Erkenntniss der Wahrheit geht, so werde ich jede Aufklärung eines Irrthums mit Freuden begrüssen, und würde man mich sehr verbinden, wenn man mir darauf bezügliche Arbeiten und Forschungen, die in weniger verbreiteten Journalen zur Oeffentlichkeit gelangen, durch die Verlagshandlung zugehen liesse.

Möchte es mir gelungen sein, in dem vorliegenden Werke einen Beitrag zur wissenschaftlichen Begründung der Landwirthschaftslehre geliefert und den Forschern zahlreiche Anknüpfungspunkte und Anregungen zu neuen Forschungen gegeben zu haben.

Herr Prof. Schacht war so freundlich, die Benutzung einer grösseren Zahl von Holzschnitten aus seinem „Lehrbuche der Anatomie und Physiologie der Gewächse“ zu gestatten; es sind dies die vorzugsweise in dem ersten Abschnitte befindlichen mikroskopischen Abbildungen.

Glehn, 24. März 1864.

Dr. Wilhelm Schumacher.

Inhalts-Uebersicht.

Erste Abtheilung. **Die Ernährung der Pflanze.**

Seite

Anatomische Uebersicht 3

Die Zelle 3

(Zellenernährung 5; Zellenwachsthum und Zellenvermehrung 6; die verschiedenen Arten der Zelle 7; Chlorophyll und Assimilation 15.)

Die Zellencomplexe und Pflanzengewebe 16

Die physikalischen Gesetze der Nährstoffaufnahme und Stoffwanderung 28

Die Diffusion 28

Die Membrandiffusion oder Diosmose 34

(Permeabilität 35; endosmosisches Aequivalent 41; die Beziehungen der Concentration der Lösungen zur Membrandiffusion 42; Diffusibilität und Durchgangsfähigkeit 45; Einwirkung der Temperatur und Electricität auf die Membrandiffusion 50, Diffusion der verschiedenartigen Lösungen 54; Störung des Gleichgewichts 56; Diffusion bei geschlossenen Membranen 58.)

Die Absorption der Gase durch Membranen 59

Verdunstung durch permeable Membranen 61

(Fundamentalbeweis für die Unrichtigkeit der älteren Ansicht von dem Uebergange der Nährstoffe in die Pflanze 64; Erzeugung von salpetrigsaurem Ammoniak bei der Verdunstung 66.)

Die Quellen der pflanzlichen Nährstoffe 67

Die Atmosphäre (Kohlensäure 69; Ammoniak 69; Wassergas 70 u. s. w.) 69

Die meteorischen Processe (ihre Beziehungen zur Pflanzenernährung) 74

Das Wasser (Gehalt desselben Bewässerung 82) 78

Der Boden 85

(Bodenconstituirende Stoffe 91; Structur des Bodens, physikalische Eigenschaften 91; Thon 93; Sand 94 u. s. w. Doppelsilikate 98; Bodenwasser, hygroscopisches 101, capillarisches 102, hydrostatisches 104.)

Seite
Die Bodenarten (physikalische Eigenschaften derselben) . . . 107
Die Absorption der Pflanzennährstoffe im Boden 113
(Absorption der Basen 114; Absorption der Phosphor- und Kieselsäure 119; Absorption anderer Stoffe 120; mechanische Absorption 122; die Absorption in verschiedenen Bodenarten 124.)
Die aufnahmsfähigen Nahrungsstoffe 129
Die Nährstoffe im Boden, welcher hydrostatisches Wasser enthält 129
Die Nährstoffe im Boden, welcher nur capillarisches Wasser enthält 132
(Die Bodenlösung 132; Liebig 137; die ungelösten, aber aufnahmsfähigen Nahrungsstoffe 141.)
Widerlegung der Liebig'schen Ansicht von dem Verhalten der pflanzlichen Nahrungsstoffe im Boden 146
Die Organe der Nahrungsstoffaufnahme (Allgemeines über Wurzeln) 161
Die Wurzel 167
(Entwicklung 168; Anatomie 169; Wurzelfäden 170; Bewurzelung des Rhizoms 171; der Stolonen 172; Adventivwurzeln 173; Wachsen der Wurzeln 174; Wasserwurzeln 175; Bodenwurzeln 176; Wurzeln der Culturpflanzen 178.)
Das Blatt 185
Der Uebergang der Nahrungsstoffe in die Pflanze 189
(Diffusion der isolirten Zelle 191; Diffusion in Zellencomplexen 199; die Aufnahme gasförmiger Stoffe 200.)
Die Nahrungsstoffaufnahme bei untergetauchten Wasserpflanzen 201
Die Nahrungsstoffaufnahme bei den luftumflutheten Wasserpflanzen 205
(Die Verdunstung des Wassers aus den Blättern und ihre Einwirkung auf die Nahrungsstoffaufnahme 206; die Aufnahme der gelösten Nahrungsstoffe 211; die Aufnahme der gasförmigen Stoffe 213; die exosmosischen Erscheinungen 215; andere Ansichten über die Aufnahme der gelösten Stoffe 218.)
Die Nahrungsstoffaufnahme bei den Landpflanzen . . . 225
(Die Aufnahme aus dem Bodenwasser 225; Liebig's Ansicht 226; die directe Aufnahme 232.)
Das Verhalten der einzelnen Nährstoffe im Aufnahmeprocesse 238
Das Wahlvermögen der Pflanze 246
Die Wege der Stoffwanderung in der Pflanze 249
Die Stoffwanderung in einfachen Leitzellen und im Parenchym 254
(Wasserströmungen 254; die Wanderung der mineralischen Stoffe 256; die Wanderung der organischen Stoffe 260.)

Seite

Die Stoffwanderung in complicirteren Verhältnissen . . . 276
(in Spiral- und Ringgefässen, in Holzzellen, Siebröhren u. s. w.)
Rückblick 285
Assimilation, Stoffwechsel, Ausscheidungen 288
Die Assimilation (ihre Bedingungen, chemische Theorieen u. s. w.) 288
(Die Bildung der stickstofffreien organischen Substanz 297; die Bildung der stickstoffhaltigen organischen Substanz 312.)
Der Stoffwechsel 327
Die Ausscheidungen 339
(Gasförmige Ausscheidungen 340; Secrete 342; Wurzelausscheidung 346.)
Die Beziehungen der anorganischen Stoffe zur Vegetation 349
(Vegetationsversuche 349; Ammoniak, Salpetersäure 351; Kali 356; Natron 359; Kalk 361; Magnesia 362; Eisen und Mangan 363; Schwefelsäure 365; Phosphorsäure 366; Kieselsäure 367; Chlor und Fluor 368.)
Der Boden in seinen Beziehungen zur Pflanzenernährung . 370
Der Boden als Befestigungsmittel der Pflanze 370
Der Boden als Nahrungsquelle 371
(Wurzelentwicklung und Verbreitung 372; Behäufelung 377; Concentration der Bodenlösung 379; die Aufnahme des Wassers aus dem Boden 381; die Aufnahme der Nährstoffe 388; Einfluss des Bodens auf die Vegetation 391; die Bodenarten in ihren Beziehungen zur Vegetation 395.)
Die Nährstoffmischung im Boden 400
Einfluss der sogenannten Imponderabilien auf die Pflanzenernährung 417
Die Beziehungen der Wärme zur Pflanzenernährung . . 417
(Der Boden 417; die Pflanze 422; die Diffusionsströmungen 423; Wärmebedürfniss der Culturpflanzen 429; Keimungstemperatur 436; Gefrieren und Erfrieren 442; die geographische Verbreitung der Culturpflanzen 445.)
Die Beziehungen des Lichtes zur Pflanzenernährung . . 448
(Assimilation, Intensität des Lichtes; Lichtentziehung.)
Einfluss der Electricität auf die Pflanzenernährung . . . 455
Die Ernährung der Pflanze in den verschiedenen Lebensperioden 458
Keimung und Keimpflanze 460
(Physiologie 461; Bedingungen des Keimens 465; die chemischen Erscheinungen bei der Keimung 471; die Entwicklung der Keimpflanze 476; die Stoffwanderung in der Keimpflanze 477; Richtung der Axe 480; die Zeit des Keimens 482; Samenwechsel 483; Samendünger 487.)

Seite

Knospung und Sprossung 491
Das Wachsthum 494
Blüthe und Frucht 502
Bildungsstoffablagerung in Stengelorganen und Wurzel . 519
(Entblattung 520; Zuckerwanderung in der Runkelrübe 523.)
Die baumartigen Gewächse 526
(Ihre Vegetationserscheinungen. Frühjahrssaftstrom 527; Diffusionswege 528; Bluten 528; Knospen-Oeffnung 530; die Temperatur in ihrer Beziehung zur Stoffwanderung 531; Ablagerung der organischen Bildungsstoffe 534.)

Zweite Abtheilung. **Andeutungen zu einer Theorie der landwirthschaftlichen Pflanzencultur.**

Die Pflanzencultur 539
Der Ackerbau 543
Die Bodenbearbeitung 544
(Entwässerung 546; Bewässerung 546; Durchlüftung 546; Wurzelverbreitung 547; Absorptionskraft 547.)
Bodenerschöpfung und Düngung 548
Der Dünger 556
Die Fruchtfolge 558
Das Nährstoffbedürfniss der landwirthschaftlichen Culturpflanzen 567
(Tabak 567; Kohl 573; Rothklee 577; Luzerne 587; Esparsette 592; einige andere Kleearten 592; Hülsenfrüchte und Cerealien als Grünfuttergewächse 593; Spergel 595; Hopfen 596; Runkelrüben 598; weisse Rüben 602; Möhren 605; Kartoffeln 607; Topinambur 611; Erbsen 614; Wicken 617; Pferdebohnen 618; Linsen 621; Lupinen 621; Raps 623; Winterrübsen, Awehl, Sommerraps und Sommerrübsen 627; Mais 627; Buchweizen 629; Weizen 630; Roggen 633; Gerste 635; Sommerweizen, Sommergerste 637; Hafer 638; Lein 639.)
Die Bodenstatik 641
Die Wiese 650

PROSPECTUS.

Die

Ernährung der Pflanze.

Mit besonderer Berücksichtigung der

Culturgewächse

und der

landwirthschaftlichen Praxis

nach den neuesten Forschungen

für

Landwirthe und Pflanzenforscher

bearbeitet von

Dr. Wilhelm Schumacher

in Glehn.

Mit in den Text gedruckten Holzschnitten.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Das Werk wird ca. 35—40 Bogen umfassen und in 2 Abtheilungen erscheinen, deren erste — 10 Bogen enthaltend — bereits ausgegeben wurde. Die Vollendung des Ganzen soll möglichst noch vor Ablauf des Jahres erfolgen.

Der Preis des Buches wird sich je nach der Bogenzahl auf 3 Thlr. bis 3½ Thlr. stellen.

Alle Buchhandlungen nehmen Bestellungen auf das Werk an und werden die bereits erschienene erste Abtheilung zur Ansicht vorlegen.

Berlin, im October 1863.

Georg Ferdinand Otto Müller's Verlag.
Poststr. No. 15.

Der Herr Verfasser, den Naturforschern bereits bekannt durch sein Werk: „Die Diffusion in ihrer Beziehung zur Pflanze, Heidelberg 1860“ unternimmt in der vorliegenden Arbeit, alle auf die Pflanzenernährung bezüglichen Vorgänge in wissenschaftlich systematischer Durcharbeitung, gesammelt vorzuführen.

Diese Materie, für den rationellen Landwirth von so grosser Bedeutung, nahm bisher in den landwirthschaftlichen Fachwerken einen zu geringen Raum ein und selbst in den vorhandenen Lehrbüchern der Pflanzen-Physiologie findet sich dieselbe nur zerrissen und nicht in der wünschenswerthen Vollständigkeit.

Es ist daher dieses Werk bestimmt, dem Landwirthe sowie dem Pflanzenforscher zugleich zu dienen. Um diesen Zweck zu erreichen, hat sich der Herr Verfasser bemüht, bei strenger Wissenschaftlichkeit eine leicht verständliche Form der Darstellung zu bewahren.

Die nöthigen Hülfslehren der Pflanzenanatomie sind in besonderen Capiteln bearbeitet; ebenso haben die physikalischen und chemischen Vorgänge im Boden und in der Atmosphäre, sowie die kosmischen Erscheinungen eingehende Berücksichtigung gefunden. Es erhält hierdurch das Werk den Charakter eines organischen Ganzen, in welchem die Pflanzenernährung im weitesten Sinne, dem jetzigen Stande der Wissenschaft gemäss, dargestellt ist.

Eine grosse Anzahl neuer Forschungen und sorgfältiger Analysen, verleiht dem Werke einen besonderen Werth. Auf diese gestützt, glaubt der Herr Verfasser unter anderem auch einen Theil der in dem Liebig'schen Werke über die Gesetze des Feldbaues „ausgesprochenen Ansichten", widerlegt zu haben.

Das in Rede stehende Buch soll gleichzeitig den ersten Band einer Reihe anderer landwirthschaftlicher Publicationen bilden, welche in soweit unter sich im Zusammenhange stehen, als sie, gleichen Grundsätzen folgend, das wissenschaftliche Bedürfniss der Landwirthe zu befriedigen suchen und auch in ihrer äusseren Form nach einem bestimmten Plane bearbeitet werden.

Die Verlagshandlung wird sich erlauben diesen Plan recht bald dem landwirthschaftlichen Publikum vorzulegen.

Die nachstehende Inhaltsübersicht des oben besprochenen Werkes möge von der Reichhaltigkeit desselben Zeugniss ablegen:

Erste Abtheilung. **Die Ernährung der Pflanze.**

Anatomische Uebersicht. Die Zelle als Elementarorgan; die Zellenvermehrung; die Zellencomplexe und Pflanzengewebe; Parenchym und Leitzellenbündel; Wachsthum.

Die physikalischen Gesetze der Nährstoffaufnahme und Stoffwanderung. Diffusion; Membrandiffusion oder Diosmose. Die Beziehungen der Concentration der Lösungen zur Membrandiffusion. Diffusibilität und Durchgangsfähigkeit; Einwirkung der Temperatur und Electricität; Diffusion verschiedenartiger Lösungen. Störung des Gleichgewichts. Die Diffusion bei geschlossenen Membranen. Die Absorption der Gase durch Membrane. Verdunstung durch permeable Membrane; Elementargesetze der Nährstoffaufnahme.

Die Quellen der Nahrungsstoffe. Atmosphäre; Kohlensäure, Ammoniak, Ozon etc. Bildung des salpetrigsauren Ammoniaks. Die meteorischen Processe: Luftströmungen, Regen, Thau, Nebel. Wasser: Gehalt der Gewässer an Nährstoffen. Beziehungen des Wassers zum Boden. Der Boden; die bodenconstituirenden Stoffe; die Bodenarten; die Absorption der Pflanzennährstoffe im Boden.

Die aufnahmsfähigen Nahrungsstoffe. Die Nahrungsstoffe im Boden, welcher hydrostatisches Wasser enthält. Die Nahrungsstoffe im Boden, welcher nur capillarisches Wasser enthält. Die Bodenlösung. Die ungelösten aber aufnahmsfähigen Nahrungsstoffe. Widerlegung der Liebig'schen Ansicht von dem Verhalten der Nahrungsstoffe im Boden.

Die Organe der Nahrungsstoffaufnahme. Die Wurzel der Culturpflanzen und ihre Beziehungen zur Fruchtfolge. Blatt.

Der Uebergang der Nährstoffe in die Pflanze. Diffusion der isolirten Zelle und der Zellencomplexe. Die Aufnahme bei den untergetauchten Wasserpflanzen; den von Luft umflutheten Wasserpflanzen; Verdunstung des Wassers aus den Blättern und ihre Wirkung; Aufnahme der gelösten Stoffe; irrthümliche Ansichten; Aufnahme der gasförmigen Stoffe. Aufnahme bei den Landpflanzen; Aufnahme aus der Bodenlösung und direct von den Bodentheilchen; Liebig's Irrthümer. Das Verhalten der einzelnen Nährstoffe im Aufnahmeprocess. Das Wahlvermögen der Pflanzen.

Die Stoffwanderung in der Pflanze. In Parenchym und Leitzellenbündel. Wasser, organische Stoffe, anorganische Stoffe. Stoffwanderung unter complicirteren Verhältnissen; in Gefässen, Holzzellen Milchsaftgefässen, Bastzellen, Siebröhren etc.

Assimilation, Stoffwechsel und Stoffausscheidungen. Assimilation: künstliche Bildung organischer Stoffe, die Bildung der stickstofffreien und der stickstoffhaltigen Substanz; Begründung durch Versuche; Theorien. Stoffwechsel in der Pflanze. Die Beziehungen der einzelnen Stoffe zur Vegetation: Ammoniak, Salpetersäure, Kali etc. Die Nährstoffmischung. Pflanzengruppen: Schwefelstickstoffgruppe, Phosphorsäuregruppe, Kaligruppe, Schwefelphosphorsäuregruppe. Die Pflanzencultur, begründet auf die Gesetze der Assimilation und des Stoffwechsels. Ausscheidungen: gasförmige, Secrete, Wurzelausscheidung.

Der Boden in seinen Beziehungen zur Pflanzenernährung. Der Boden als Befestigungsmittel der Pflanze. Der Boden als Nahrungsquelle: Wurzelentwickelung; Aufnahme des Wassers aus ihm; Aufnahme der Nährstoffe aus ihm; Einfluss derselben auf die Vegetation; Charakterpflanzen; die Bodenarten; ihre Culturpflanzen und Unkräuter.

Einfluss der sogenannten Imponderabilien auf die Pflanzenernährung. Die Beziehungen der Wärme zur Pflanzenernährung: ihr Einfluss auf den Boden; Inhalation und Ausstrahlung, Temperaturschwankungen des Bodens und ihre Beziehung zur Periodicität im Pflanzenleben: ihr Einfluss auf die Pflanze; auf die Stoffwanderung; die Perioden der Vegetation; das Wärmebedürfniss der Pflanzen; Keimung und Wachsthum; die geographische Verbreitung der Culturpflanzen. Beziehungen des Lichtes zur Pflanzenernährung: Chlorophyllbildung und Assimilation der anorganischen Nährstoffe; der Einfluss der verschiedenen Farben: Lichtintensität; Lichtbedürfniss der Pflanzen. Einfluss der Electricität auf die Ernährung: electrische Strömungen im Boden; in der Pflanze.

Die Atmosphäre und meteorischen Processe in ihren Beziehungen zur Pflanzenernährung. Druck und Wassergehalt der Atmosphäre, Luftströmungen, Regen, Bethauung, Reif.

Die Ernährung der Pflanzen in den verschiedenen Vegetationsperioden. Keimung und Keimpflanze: Physiologie der Keimung. Alter der Samen; Temperatureinfluss; chemische Vorgänge und Stoffwechsel; Samenwechsel; Entwickelung der Keimpflanze. Stoffwanderung in derselben; Samendünger. Knospung und Sprossung: Entwickelung der Knospen und Sprossen der Culturpflanzen. Periode des Wachsthums: Stoffwanderungen dabei und Assimilation, der generische Character des Wachsthums. Blüthe und Frucht: Stoffwanderung und Stoffwechsel bei den Culturpflanzen in dieser Periode bis zur Reife. Bildungsstoffablagerung in Stengel, Blätter und Wurzel. Die baumartigen Gewächse: die Ernährungserscheinungen derselben.

Zweite Abtheilung. **Die Gesetze der Pflanzencultur.**

Die Cultur der Pflanzen. Bedingungen derselben: Organisation; Ernährung; die Erziehung einer Culturpflanze ist durch die Leitung der Ernährung möglich; natürliche Pflanzencultur.

Der Ackerbau. Bodenbearbeitung: einige wesentliche Punkte derselben: Bodenerschöpfung durch die Erndten; Bedarf der landwirthschaftlichen Culturpflanzen; Kleemüdigkeit u. s. w.; Bodenstatik. Düngung: Wesen derselben: Erhaltung der Fruchtbarkeit des Feldes; Nährstoffe; lösende Agenzien; Nährstoffabsorption; die Düngstoffe; ihre Wirkung auf den Boden und ihre Beziehungen zur Pflanzenernährung. Brache. Fruchtfolge: wissenschaftliche Begründung derselben; Bewurzelung der Pflanzen; Pflanzengruppen; Nährstoffmischung und Veränderung derselben während der Fruchtfolge; rationelle Fruchtfolgen.

Die Gartencultur.

Die Wiese.

Im Verlage von **Erg. Ferd. Otto Müller** in **Berlin.** Poststrasse Nr. 15, ist ferner erschienen:

SCHULZ-FLETH, Prof. C., **der rationelle Ackerbau in seiner Begründung durch die Ergebnisse der neueren Naturforschung.** Mit 46 Holzschnitten. gr. 8. 29 Bog. 1856. n. 2½ Thlr.

SCHACHT, Dr. H., Prof. in Bonn. **Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse.** 2 Theile. 1856.—1859. br. n. 8⅓ Thlr.

Inhalt: I. Theil. *Die Pflanzenzelle u. ihre Lebenserscheinungen. (Zellen, Gewebe, Gefässbündel, stammlose Zellenpflanzen.)* Mit 105 eingedruckten Holzschnitten und 143 lithographirten, zum Theil farbigen Abbildungen auf 5 Tafeln. gr. 8. 28½ Bog. br. n. 3⅓ Thlr.

II. Theil. *Die zusammengesetzten Organe (Stamm, Blatt, Wurzel, Fortpflanzung der Kryptogamen, Blüthe, Befruchtung, Frucht, Saame und Vermehrung der Phanerogamen; Lebenserscheinungen und Tod der Gewächse.) Nachträge für den I. Theil; Sach- und andere Register über beide Theile.* Mit 410 eingedruckten Holzschnitten und 212 lithographirten Abbildungen auf 6 Tafeln. gr. 8. 40 Bog. br. n. 5 Thlr.

— — **Grundriss der Anatomie und Physiologie der Gewächse.** *Zum Gebrauch beim Unterricht und zum Selbststudium für Mediciner, Pharmaceuten, Land- und Forstwirthe, sowie für Studirende überhaupt.* Mit 349 mikroskop. Abbild. auf 159 in den Text gedruckten Holzschnitten. gr. 8. 13½ Bog. br. 1859. n. 1½ Thlr.

— — **Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse.** Mit 9 Tafeln lithogr. Abbildungen und mit zahlreichen in den Text eingedr. Holzschnitten. gr. 8. 21 Bog. 1854. n. 3⅓ Thlr.

— — **Der Baum.** *Studien über Bau und Leben der höheren Gewächse.* Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 575 Abbildungen auf 4 lithographirten Tafeln und 227 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Lex.-8. 24¼ Bog. br. 1860. n. 4⅓ Thlr.

— — **Das Mikroskop und seine Anwendung** *insbesondere für Pflanzen-Anatomie.* 3te Aufl. Mit 300 Abbildungen auf 110 in den Text eingedruckten Holzschnitten und 2 lithogr. Tafeln. gr. 8. 19¼ Bog. br. 1862. n. 2¼ Thlr.

— — **Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe** *durch das Mikroskop und durch chemische Reagentien.* Mit 8 lith. Tafeln. gr. 8. 4½ Bog. br. 1853. n. 1¼ Thlr.

— — **Madeira und Tenerife** *mit ihrer Vegetation. Ein Bericht an das Königl. Preuss. Ministerium für die landwirthsch. Angelegenheiten.* Mit 6 lithogr. Tafeln u. 10 Holzschn. gr. 8. 11½ Bog. br. 1859. n. 1⅔ Thlr.

BARY, ANTON DE, Med. Dr., **Untersuchungen über die Brandpilze** *und die durch sie verursachten Krankheiten der Pflanzen mit Rücksicht auf das Getreide und andere Nährpflanzen.* Mit 8 lith. Tafeln. gr. 8. 9½ Bog. br. 1853. n. 1⅓ Thlr.

DOVE, Dr. H. W., Prof., **Darstellung der neueren Farbenlehre und optische Untersuchungen.** Mit Portrait und 2 Tafeln. gr. 8. 19 Bog. br. 1853. n. 1⅝ Thlr.

— — **Optische Studien.** Nachträge zu obigem Werke. gr. 8. br. 1859. n. ½ Thlr.

HANSTEIN, Dr., JOH., **Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Baumrinde.** Mit 8 lithogr. Tafeln. gr. 8. 7½ Bog. br. 1853. n. 1¼ Thlr.

KOEHLER, Prof., FR., **Lehrbuch der Chemie.** 7te Aufl. gr. 8. 33 Bog. br. 1855. n. 1½ Thlr.

Druck von A. Paul u. Comp. in Berlin, Kronenstr. 21.

Erste Abtheilung.

Die Ernährung der Pflanze.

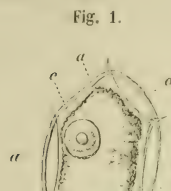
Anatomische Uebersicht.

Die Zelle.

Das Elementarorgan der gesammten Thier- und Pflanzenwelt ist die Zelle. Im jugendlichen, aber ausgebildeten Zustande ist die Pflanzenzelle ein allseitig geschlossenes rundliches oder längliches Säckchen, welches einen theils flüssigen, theils festen Inhalt besitzt. Manche Pflanzenindividuen bestehen aus einer einzelnen Zelle, und in diese Zellen sind dann die Functionen der Selbsterhaltung und Fortpflanzung zusammengedrängt; bei der Mehrzahl der Pflanzen haben viele Zellen sich zu einer in sich abgeschlossenen Gestalt vereinigt. Die tausendjährige Eiche, deren Majestät andachtvolle Gefühle in unserer Brust erweckt, das kleinste Moospflänzchen, welches in dem dämmernden Lichte unter dem Laubdache der Eiche freudig wächst und blüht, und die unscheinbare Flechte, die krustenartig Stamm und Ast überzieht, sie alle sind aus Zellen zusammengesetzt, wogegen der Gährungspilz, viele Protococcusarten, wie der rothe Schnee auf den Eisfeldern des Nordens und der grüne Anflug an der Wetterseite der Baumstämme, einzellige Pflänzchen sind. Die organische Lebensthätigkeit ist an die Zelle gebunden, in dem thierischen und pflanzlichen Organismus giebt es ausserhalb der Zelle kein Leben, keine Lebensthätigkeit. Die Zelle können wir als eine vitale Einheit betrachten; jede noch lebensthätige Zelle einer Pflanze oder eines Thieres führt ein Leben für sich. Das Gesammtleben einer Planze oder eines Thieres ist nur das Zusammenwirken der Lebensthätigkeit seiner einzelnen Zellen. Wollen wir die Lebenserscheinungen einer Pflanze kennen lernen, so müssen wir zuerst die vitalen Einheiten, die Lebenserscheinungen der einzelnen Zellen studiren.

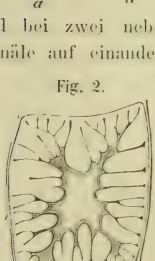
Betrachten wir eine Pflanzenzelle unter dem Mikroscope, so bemerken wir an derselben drei wesentliche Theile: die Membran oder Zellenwand, das Protoplasma mit der Zellflüssigkeit und den Zellenkern, Theile, welche bei jeder lebensthätigen Zelle zu finden sind.

Fig. 1.



Die Zellwand oder Zellenmembran ist bei jungen Zellen ein dünnes, elastisches, aus Cellulose oder Zellstoff bestehendes Häutchen, welches die äussere Umhüllung der Zelle bildet und die übrigen Theile der Zelle umschliesst. Bei den meisten Zellen verdickt sich die Membran, indem sich von innen her neue Schichten von Zellstoff ablagern. Diese Verdickungsschichten sind aber immer von feinen Kanälen durchbrochen, und bei zwei neben einander liegenden Zellen stossen diese Kanäle auf einander. Erfolgt die Ablagerung periodenweise, so zeigt sich dies durch ein streifiges Ansehen der Verdickungsschichten, wie dies in der unteren Zelle links bei Fig. 2 angedeutet ist. Die Durchbrechungen von Verdickungsschichten nehmen oft die Form von Spalten u. dergl. an.

Fig. 2.



Das Protoplasma ist ein zäher aus eiweissartigen Stoffen bestehender Schleim, welcher sich nicht mit der übrigen Zellflüssigkeit vermischt, sondern als Fäden, Klümpchen und Wölkchen in derselben auftritt. Ganz junge Zellen lassen oft weiter nichts als ein trübes Protoplasma erkennen, später tritt dann auch wässrige Flüssigkeit hinzu und das Protoplasma zeigt sich nun erst in den oben genannten Formen; besonders sieht

Fig. 1. Zelle aus der Wurzel von Himantoglossum hircinum mit den Wänden benachbarter Zellen. a. die Zellwand, b. Protoplasma als Primordialschlauch, durch Reagentien zusammengezogen und von der Zellwand abgetrennt, c. Zellkern (200 mal vergrössert).

Fig. 2. Stark verdickte und verholzte Zellen aus dem Querschnitt der holzigen Fruchtschale von Hakea suaveolens mit Porencanälen (300 mal vergrössert).

man dann die Zelle oft von zahlreichen Protoplasmafäden durchzogen, die von der Zellenwand in der Regel zum Zellenkern verlaufen. Nunmehr ist auch die innere Membranwand von einer Protoplasmaschicht ausgekleidet und es häuft sich Protoplasma in Form eines Wölkchens um den Zellkern an; zwischen beiden zeigen sich die Protoplasmafäden als Verbindungen. Bei älteren Zellen ist vom Protoplasma oft weiter nichts übrig geblieben als die Schicht an der innern Zellwand. Ueberhaupt zeigt sich das Protoplasma an der innern Wand der Membran etwas verdichtet und hautförmig und wurde diese Schicht deshalb von Pringsheim Hautschicht des Protoplasmas, von Hugo von Mohl aber Primordialschlauch genannt. Unter dem Mikroscop erscheint das Protoplasma als eine körnig-schleimige Masse; ob aber wirkliche Körner zugegen sind, ist nach neueren Untersuchungen bei den stärksten Vergrösserungen sehr zweifelhaft (Julius Sachs); das, was man als Körner angesehen hat, möchte man für stärker verdichtete Stellen des Protoplasmas halten (wenigstens macht es auf mich diesen Eindruck).

In der Zellflüssigkeit sind anorganische und organische Stoffe, oft auch Farbstoffe aufgelöst.

Das Protoplasma befindet sich besonders bei jüngeren Zellen in strömender Bewegung; diese Strömung zeigt sich am schönsten an den Protoplasmafäden, welche von dem Primordialschlauch zum Kerne gehen, und ist sowohl eine nach dem Kerne als auch in umgekehrter Richtung gehende.

Der Zellkern (Nucleus oder Cytoblast) ist ein scharf umschriebenes Körperchen, welches aus einer sehr zarten Umhüllung und einem wasserhellen, meist feinkörnig scheinenden Inhalte besteht und immer ein oder mehrere stark lichtbrechende helle Körperchen, die Kernkörperchen (Nucleoli), einschliesst. Der Zellenkern findet sich in jeder jungen Zelle und ist entweder, aber selten, central, d. h. in der Mitte der Zelle liegend, oder mehr der Wand genähert, wandständig.

Ausser den genannten Theilen finden sich in Zellen noch ausgeschiedene Körnchen und dergl., so Stärkekörner, Chlorophyllkörner, Krystalle von Salzen, Oeltröpfchen u. s. w.

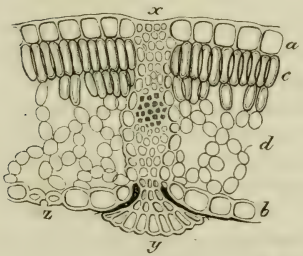
Die wesentlichsten Lebensthätigkeiten der Zelle sind die eigene Ernährung, die Vermehrung, das Wachsthum, die Assimilation und der Stoffwechsel. Die Ernährung besteht in einer Aufnahme von organischen Stoffen von aussen, d. h. aus andern Zellen, Stoffe,

welche in gewissen Zellen aus anorganischen Stoffen erzeugt wurden. Die zellenernährenden Stoffe gehen durch die Membran der Zelle in das Innere derselben und dienen zur weiteren Ausbildung und zur Fortpflanzung der Zelle, zu welchem Zwecke sie oftmals innerhalb der Zelle in andere chemische Form umgewandelt werden; es tritt zum Beispiel Stärke in die Zelle ein und diese wird in Zellstoff umgewandelt — Stoffwechsel —. Das Eintreten anorganischer Stoffe in die Zelle ist nicht als eine Ernährungserscheinung zu betrachten, da zur Ernährung der Zelle nur organische Stoffe dienen können. Indem sich die organischen Stoffe in den Zellen anhäufen, wächst dieselbe. Bei vielen Zellen ist das Wachsthum aber ein beschränktes und treten in diesen Zellen bei der Anhäufung von organischen Stoffen ganz eigenthümliche Erscheinungen im Protoplasma oder am Zellenkerne ein. Im Protoplasma zeigen sich körnchenförmige Abscheidungen, die sich zu einer kleinen Kugel gestalten; es scheinen sich kleinste Körnchen zu einem Kügelchen zu vereinigen und bald sieht man diese Kügelchen, die als Kernkörperchen hervortreten, zu einem Zellenkerne zusammentreten und sich mit einer zarten Membran umhüllen; die Membran wird darauf stärker und hebt sich von dem Kerne ab, indem zwischen Kern und Membran Protoplasma tritt. Es hat sich in dem ursprünglichen Protoplasma eine neue Zelle gebildet. Diese Art der Zellenerzeugung nennt man freie Zellenbildung. Man vergesse aber nicht, dass diese freie Zellenbildung nur in Zellen geschehen kann; sie ist nicht zu verwechseln mit der Generatio aequivoca oder spontanea, bei welcher in einer freien organischen Masse, nicht von Zellen eingeschlossen, sich neue Zellen bilden sollen; bis jetzt hat man die Generatio aequivoca nicht mit Sicherheit erweisen können, und wird ihre Existenz deshalb, obgleich sie für frühere Schöpfungsepochen nicht zurückgewiesen werden kann, für die heutige Zeit geleugnet. Weit häufiger ist die Zellenbildung durch Theilung des Kernes. Der von Protoplasma umlagerte Kern theilt sich in zwei bis höchstens vier Theile; ehe aber noch eine Trennung der Theile stattgefunden hat, bemerkt man in jedem sich absondernden Theile ein helles Kernkörperchen, welches sich zum Zellenkerne umbildet. Hat sich der Kern getheilt, so ist jeder Theil von Protoplasma umhüllt und stellt eine mehr oder weniger rundliche, oder auch mehr längliche, vom übrigen Zelleninhalte abgegrenzte Masse vor, deren äussere Protoplasmaschicht erhärtet und sich in eine Cellulosemembran um-

wandelt, womit die neue Zelle fertig ist. Die junge Zelle dehnt sich aus und wächst, indem sie neue Mengen organischer Stoffe, welche von aussen die Zellenmembran durchdringen, aufnimmt. So können nun auch in den neugebildeten Zellen, wenn sie sich ausgebildet haben, neue Zellen entstehen. Während die neugebildeten Zellen — Tochterzellen — sich ausbilden, geht die Mutterzelle zu Grunde und in der Regel verflüssigt sich dabei die Membran der Mutterzelle Die aus der Verflüssigung der Mutterzellenmembran hervorgehende Substanz ist nach Schacht die Intercellularsubstanz, welche gewöhnlich erhärtet und die Zellen mit einander verbindet.

Ein Theil der neugebildeten Zellen bleibt fortbildungsfähig, d. h. in ihnen erzeugen sich wieder neue Zellen — Cambiumzellen, Urparenchym —; jene Zellen aber, welche keine neue Zellen erzeugen, ändern sich zu eigenthümlichen und sehr verschiedenen Zellengebilden um und dienen dann ganz anderen Zwecken. Wenn sich Zellen in einem Raume entwickeln, in welchem sie sich nicht vollständig auszudehnen vermögen, so werden sie mehr oder weniger gegeneinander gepresst und platten sich dabei die Berührungsstellen zu Flächen ab. Behalten die Zellen ihre rundliche Form mehr oder weniger bei, so werden sie durch den Druck, welchen sie auf einander ausüben, vielflächig; zwischen den Zellen bleiben dann noch freie Räume — Intercellularräume, — welche entweder Luft führen oder mit Intercellularsubstanz ausgefüllt sind.

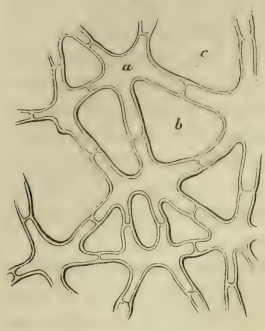
Fig. 3.



Das Merenchym besteht aus Zellen, welche sich nur in kleinen Flächen berühren und die dadurch grosse, meist mit Luft gefüllte Zwischenräume bilden. Die Zellen des Merenchyms haben eine mehr rundliche Gstalt, wie z. B. in vielen fleischigten Früchten

Fig. 3. Querschnitt durch die Blattfläche der Birke; a. die Oberhaut an der Blattfläche ohne Spaltöffnungen; b. die Oberhaut an der Seite des Blattes mit Spaltöffnungen (z); c. Pallisadenparenchym; d. Merenchym (200 mal vergrössert).

Fig. 4.



oder sie sind ziemlich unregelmässig, wie in dem Blatte mancher Pflanzen. Diejenige Seite des Blattes, an welcher sich die Spaltöffnungen befinden, besteht aus einem Merenchym mit grossen lufterfüllten Intercellularräumen. Fig. 3 d.

Bei dem eigentlichen Parenchym sind die Zellen gewöhnlich vielflächig, die Berührungsflächen grösser und die Intercellularräume kleiner und zum Theil mit Intercellularsubstanz angefüllt. Bei manchen Parenchymzellen wachsen einzelne Stellen stärker aus und indem dieses Wachsthum an den correspondirenden Stellen zweier neben einander liegenden Zellen geschieht, werden Formen wie in Fig. 4 gebildet, wo die Zellen sternförmig sind und grosse Intercellularräume einschliessen. Diese Art von Zellen findet man häufig im Marke der Pflanzen. Uebrigens kommen die Parenchymzellen auch noch in manchen andern Formen vor; besonders hervorheben will ich das Pallisadenparenchym an der Unterseite der Blätter. Fig. 3 c.

Die Merenchymzellen besitzen meistens nur schwach verdickte Membrane, bei dem Parenchym sind dieselben hingegen oft stark verdickt und sind dann die Verdickungsschichten von Porenkanälen durchbrochen. Die Porenkanäle finden sich nur da, wo zwei Zellen sich berühren, also an den Berührungsflächen, nie aber an denjenigen Stellen, welche den Intercellularräumen gegenüberliegen. Die Porenkanäle zweier nebeneinander liegender Zellen stehen so aufeinander, dass die Kanäle in einander übergehen und eine Verbindung zwischen den Hohlräumen der beiden Zellen herstellen. Die primären Membranen sind aber meistens noch erhalten und bilden an der Grenze der beiden Zellen eine Scheidewand in dem Porenkanale, wie dies Fig 5. recht schön zeigt.

Bei gewissen Parenchymzellen ändert sich die Cellulose der Verdickungsschichten in Holzstoff um, die Zellen verholzen und bilden

Fig. 4. Sternförmige Zellen aus dem Marke der Binse im Querschnitt: a. der Hohlraum der Zelle, b. der weite Intercellularraum, c. Berührungsstelle zweier Zellen (200 mal vergrössert).

Fig. 5.

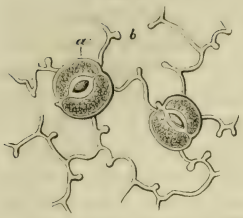
Holzparenchym. Andere Parenchymzellen verwandeln ihre Membran in Korkstoff (Cuticula) und aus ihnen werden Korkzellen. Nimmt die Substanz der Verdickungsschichten eine in Wasser aufquellende Form an, so bilden sie das Collenchym oder Leimgewebe, welches sich am häufigsten in der Rinde der Pflanzen und besonders da findet, wo die Oberhaut schwach entwickelt ist. Sehr dünnwandige Parenchymzellen findet man in dem Sameneiweiss und den Cotyledonen der Cerealien, in vielen fleischigten Früchten, in der Runkelrübe und ähnlichen fleischigt entwickelten Wurzeln.

Alle vorhin genannten Zellen enthalten vorzugsweise stickstofffreie Substanzen, Kohlenhydrate, Oele, organische Säuren u. s. w., oft auch Krystalle von organischsauren Salzen (oxalsaurer Kalk z. B.) oder von mineralischen Salzen (Gyps z. B.). In dem Merenchym des Blattes und den andern grüngefärbten Pflanzentheilen machen die Chlorophyllkörner einen wesentlichen Bestandtheil aus; dieselben bestehen aus einer grüngefärbten stickstoffhaltigen Substanz. Wo sich die vorhin genannten Zellen zu Geweben vereinigen, communiciren die Intercellularräume vielfach mit einander und es werden dadurch luftführende Gänge, Intercellulargänge, gebildet.

Die die Pflanze nach aussen abschliessende Zellenschicht — Oberhaut — besteht vorzugsweise aus abgeplatteten Zellen, welche, mögen sie regelmässige oder unregelmässige Gestalten bilden, immer so aneinander stossen, dass zwischen den Zellen keine

Fig. 5. Zellen aus dem Sameneiweiss der Dattel im Quer- und Längsschnitte; a. die starkverdickten Partien der Zellenmembran, b. die Porencanäle, x. die Trennungslinien der beiden sich berührenden Zellen (400 mal vergrössert).

Fig. 6.



Zwischenräume bleiben. Fig. 6 zeigt dieses an sehr unregelmässig gestalteten Oberhautzellen. Die an der Luft befindlichen Theile der Pflanzen sind von Oberhautzellen — Epidermiszellen — bedeckt, die an der äusseren Seite von einer von Wasser nicht durchdringbaren Schicht überzogen sind — Cuticulaschichten —. An den jüngeren Theilen der Wurzel fehlt diese Cuticulaschicht — die Oberhaut bildet Epiblema —. Manche Oberhautzellen an den in der Luft befindlichen Pflanzentheilen sind ebenfalls nicht von Cuticulaschichten überzogen — Epithelium — sondern die Zellenwand bleibt immer zart und dünn und dient der Ausscheidung von Stoffen (Secretion), die Honigdrüsen oder Nectarien z. B. an dem Grunde vieler Blumenblätter. Die Epithelialzellen sind nach aussen gewöhnlich auch etwas gewölbt. Epidermis sowohl wie Epiblemazellen können von ihrer freien Seite zu langgestreckten haarförmigen Hohlgebilden auswachsen, die Oberhauthaare oder Wurzelhaare, je nach ihrem Vorkommen, heissen.

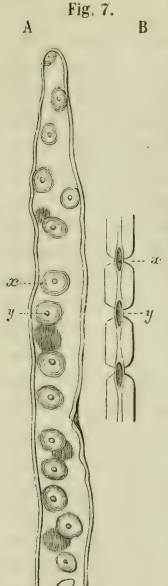
Wachsen die Zellen nur in einer Richtung, so entstehen mehr oder weniger langgestreckte Zellenformen. Solche langgestreckte mit ihren Enden zusammengewachsene Zellen machen bei vielen Algen und Pilzen allein die Axe des Pflanzenkörpers aus; sie stellen eine einfache Reihe langgestreckter Zellen dar. Bei den anatomisch complicirteren Pflanzen, den sogenannten Gefässpflanzen, treten die langgestreckten Zellen in den verschiedensten Formen auf; wir können zwei Haupttypen unterscheiden, nämlich erstens mit einfacher Aneinanderlegung der Enden ohne Resorption der Querwände — Holzzellen, Siebröhren, viele Bastzellen, die unechten Gefässe — und zweitens mit Resorption der Membran an derjenigen Stelle, an welcher die Zellen mit einander verschmolzen sind — die Gefässe, Milchsaftgefässe —.

Die Holzzelle oder Prosenchymzelle ist gestreckt und

Fig. 6. Partie der Oberhaut von Helleborus; a. Schliesszellen der Spaltöffnungen, b. eine unregelmässige Oberhautzelle (200 mal vergrössert).

ihre Enden laufen spitz zu. Fig. 7. Sie bildet auf der innern Membranwand Verdickungsschichten, welche später verholzen. Die Verdickungsschichten sind von Porenkanälen durchbrochen, während die primäre Membran der Zellen erhalten bleibt. Da wo die Porenkanäle zweier Zellen auf einander stossen, befindet sich zwischen den Membranen ein Hohlraum, welcher im jugendlichen Zustande der Zellen mit schleimigkörniger Flüssigkeit, später mit Luft erfüllt ist. Fig. 7 B, stellt die Wände zweier Holzzellen vor, welche durch Intercellularsubstanz mit einander verwachsen sind; man sieht, wie die Porenkanäle bis auf die primäre Zellenmembran die Verdickungsschicht durchsetzen; die schwarzen Ovale zwischen den Porenkanälen sind die oben genannten Hohlräume oder Tüpfel. Wo Holzzellen in grösserer Zahl vorkommen, im Holzkörper der Pflanzen, liegen sie alle so dicht beisammen, dass keine luftführenden Intercellularräume gebildet werden. Die spitzzulaufenden Enden schieben sich fest zwischen einander. Im jugendlichen Zustande ist die Holzzelle reich an eiweissartigen Stoffen, wenn sie älter wird, lagert sich in ihr Stärke u. dgl. ab oder sie wird luftführend. Nach Dippel's und Hofmeister's neuesten Untersuchungen sollen die primären Zellwände am Tüpfel der Holzzellen häufig gänzlich geschwunden sein, so dass die Porenkanäle ununterbrochen in einander übergehen und die Hohlräume der Zellen direkt mit einander in Verbindung stehen.

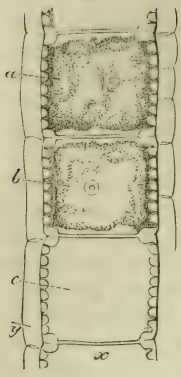
Fig. 7.



Wachsen Zellen vorzugsweise in einer Richtung und verschmelzen dabei die Enden der in einer Reihe übereinanderstehenden Zellen mit einander, so werden die Gefässe gebildet. Fig. 8 zeigt eine solche Verschmelzung oder Fusion von Zellen zu

Fig. 7. A. Theil einer isolirten Holzzelle der Kiefer; x. der Tüpfelraum, y. der Porenkanal, von oben gesehen. B. Längsschnitt, die verdickten Wände zweier Holzzellen: x. der Tüpfelraum (die länglichen, dunklen Partien der Zeichnung) y. der Porenkanal.

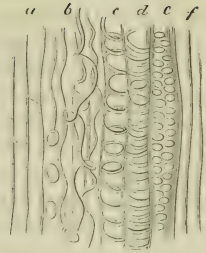
Fig. 8.



Gefässen. Noch sind die Querwände nicht geschwunden; in einem späteren Alter werden diese Querwände entweder ganz resorbirt oder es werden einzelne Partien derselben resorbirt und es entstehen in ihr Löcher; durch dieses Schwinden oder durch die Durchlöcherung der Querwände der Zelle gehen die Hohlräume der einzelnen Zellen in einander über und bilden dann Gefässe. Die sämmtlichen Gefässzellen sind im jüngeren Zustande sehr reich an eiweissartigen Stoffen; bald nach ihrer völligen Ausbildung, d. h. nach der Durchbrechung der Querwände, verlieren sie indess ihren flüssigen Inhalt und führen nur noch Luft. Wenn die Querwände nicht resorbirt werden, wie dies häufig geschieht, so bilden die Gefässzellen unechte Gefässe, welche aber länger mit flüssigen Stoffen erfüllt sind als die echten Gefässe. Die Verdickung der Membran der Gefässe ist eine sehr verschiedene. Die Verdickung ist eine spiral- oder ringförmige bei den Spiral- und Ringgefässen (Fig. 9); es durchzieht ein schmales Verdickungsband spiralförmig die Zelle und vermag sich sogar später vollständig von der primären Zellwand abzulösen. (Fig. 9 b) Die Ringgefässe verhalten sich den Spiralgefässen gleich, bei ihnen sind die Bänder ringförmig. Bei dem netzförmig verdickten Gefässe sind die Verdickungsschichten von Spalten durchbrochen (Fig. 10); das Treppengefäss verhält sich ähnlich wie die Holzzelle hinsichtlich der Verdickungsschichten. Diese letztern sind nämlich von wagerecht stehenden Spalten durchbrochen, zwischen den primären Membranen sind aber spaltenförmige Hohlräume oder Tüpfel zugegen. Bei dem getüpfelten Gefäss sind die Durchbrechungen und die Tüpfel rund. Bei neben einander liegenden Gefässen correspondiren immer die Durchbrechungen der Verdickungsschichten mit einander; es stösst demnach die Durchbrechung — Porenkanal.

Fig. 8. Ein noch saftführendes, netzförmig verdicktes und getüpfeltes Gefäss von Carica Papaya im Längsschnitt. In den Zellen a und b ist Protoplasma, c ist ohne Inhalt gezeichnet. x. Scheidewand oder Querwand, aus zwei Platten bestehend, weil sie von zwei Zellen gebildet wurde; y. Zellen, welche das Gefäss begrenzen.

Fig. 9.



Tüpfel — der einen Zelle auf eine gleichgestaltete Durchbrechung in der angrenzenden Zelle. Es ist diese Erscheinung von besonderer Wichtigkeit für unsere späteren Betrachtungen und mache ich deshalb hier ausdrücklich darauf aufmerksam. Wesentlich bei den Gefässen ist, dass sie mit ihren Enden verschmelzen und die Querwände durchbrochen werden. Es ist nun aber nicht immer nöthig, dass die Zellenenden so auf einander stossen wie in Fig. 8, sondern es legen sich auch oft die Enden schief an einander und die so gebildete schiefstehende Querwand wird von Löchern durchbrochen. Fig. 10.

Fig. 10.

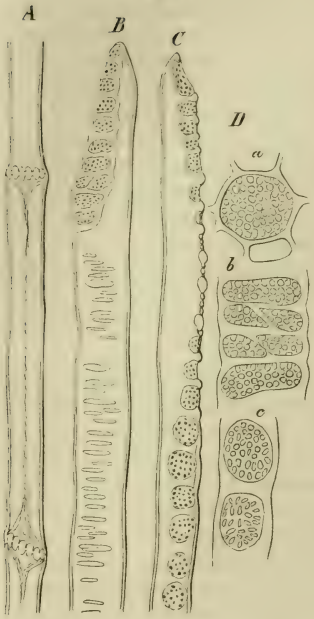
Die Siebröhren sind lange, nur schwach verdickte und niemals verholzende Zellen. Die Enden der Zellen, wagerecht oder schief auf einander stehend, verschmelzen mit einander, wobei die Querwände aber niemals gänzlich resorbirt werden sondern es bilden sich verdünnte Stellen in der Querwand, die von einer Unzahl kleiner Löcher durchbohrt sind — Siebporen — Fig. 11. An den Seitenwänden finden sich ebenfalls Siebporen und oftmals auch spaltenförmige Verdünnungen in der etwas stärker verdickten Membran. Die Siebröhren sind immer reich an eiweissartigen Stoffen und bleiben lange lebensthätig.

Die Bastzellen sind mehr oder weniger lang gestreckte, häufig stark verdickte, auch späterhin öfter verholzende Zellen, deren Enden gewöhnlich spitz zulaufen; ihre Länge ist bei manchen Pflanzen sehr bedeutend, so bei Lein und Hanf, von welchen Pflanzen sie als Gespinnstfaser benutzt werden. Es ist indess wahrscheinlich, dass die sehr langen Bastzellen durch Verschmel-

Fig. 9. Längsschnitt durch ein Gefässbündel eines Stengels: a. das innere Gewebe des Stengels, b, c, d. Spiral- und Ringgefässe, e. ein getüpfeltes Gefäss.

Fig. 10. Ein netzförmig verdicktes Gefäss, aus drei Zellen bestehend; die Verschmelzung ist durch Aneinanderlegen der Seitenflächen der Zellenenden geschehen.

Fig. 11.



zung mehrerer Zellen entstanden sind. Die Verdickungsschichten der Bastzellen sind von feinen Porenkanälen durchbrochen und zeigen in der Regel auch spiralige Streifung. Zuweilen enthalten Bastzellen einen gefärbten Saft — Milchsaft — und sind dann der nachfolgenden Zellengruppe, die übrigens auch mit zu den Bastzellen gerechnet wird, ähnlich. Derartige milchsaftführende Bastzellen verdicken ihre Wand niemals bedeutend und verholzen nicht.

Die Milchgefässe sind langgestreckte, die ganze Pflanze von den Wurzeln zu den Blättern durchziehende Röhren, welche sich vielfach verzweigen; ihre Membran bleibt unverdickt und verholzt niemals. Sie gehen aus der Verschmelzung ganzer Zellenreihen hervor und schwinden dabei die Querwände so vollständig, dass bei den ausgebildeten Milchsaftgefässen kaum noch Andeutungen derselben zu finden sind. Die Zellverschmelzung ist bei diesen Gefässen am vollständigsten. Durch die Milchsaftgefässe wird die Pflanze von Hohlräumen durchzogen, die oft continuirlich sich aus den Wurzeln in die Blätter fortsetzen und in der Rinde,

Fig. 11. Siebröhren. A. aus Cucurbita Pepo, die Querwände sind von einer dicken Schleimschicht bedeckt, die fadenförmig das Centrum der Zelle durchzieht. B. aus einer Bignonia, mit schiefstehender Querwand, durch seitliche Verwachsung der Zellenenden. C. aus der Wurzel von Araucaria brasiliensis, die Zellenenden ebenfalls seitlich mit einander verschmolzen (200 mal vergrössert). a. die Querwand von A, von oben gesehen; b. Theil der schiefstehenden Querwand von B, c. zwei Siebporen der Seitenwand von C (400 mal vergrössert).

sowie in den Blättern sich vielfach verzweigen. Wo sie aber auch nicht den eben angedeuteten Charakter haben, da sind sie doch immer lange Hohlräume, die aus den Blättern in den Stamm hinabgehen. In den Milchsaftgefässen findet man eigenthümliche, oft gefärbte Säfte, die eiweissartige Stoffe, Zucker, Stärkekörner, Gummi, Kautschuk, Alkaloide, organischsaure Salze u. s. w. enthalten.

Die Cambiumzellen, die mit Saft gefüllten Gefässe und besonders die unechten Gefässe, die Siebröhren, die dünnwandigen Bastzellen und die Milchsaftgefässe, und auch die jungen Holzzellen vielleicht, dienen mehr oder weniger der Wanderung der organischen Stoffe durch die Pflanze und zwar mehr wie die andern Zellen; sie werden deshalb unter dem Namen Leitzellen zusammengefasst.

Vorhin bemerkte ich, dass Assimilation und Stoffwechsel zu den wichtigsten Lebensthätigkeiten der Zelle gehören. Die Assimilation ist nicht allen Zellen eigen, sie ist die Function derjenigen Zellen, welche Chlorophyllkörner enthalten; sie ist mithin auf die Merenchymzellen des Blattes und blattähnlicher Organe und auf die entsprechenden Zellen sonstiger grün gefärbter Pflanzentheile beschränkt; bei den niedrigen Cryptogamen sind es ebenfalls die chlorophyllhaltigen Zellen, welche assimiliren, und besteht die Pflanze nur aus einer Zelle, so enthält diese Zelle Chlorophyllkörner. Bei einer grossen Reihe von Pflanzen fehlt das Chlorophyll gänzlich, bei den Pilzen nämlich, und sind diese nicht fähig zu assimiliren; sie leben nur von assimilirten, von organischen Stoffen. Bei manchen Algen fehlen die Chlorophyllkörner, und ist es wahrscheinlich, dass sie trotzdem assimiliren; hier aber finden sich rothgefärbte Körner, welche in denselben Beziehungen zur Assimilation zu stehen scheinen wie die Chlorophyllkörner. Die assimilirende Thätigkeit der Zellen besteht darin, dass sie anorganische Stoffe zersetzt und in organische Stoffe umwandelt, assimilirt, d. h. der Pflanzensubstanz ähnlich macht.

Der Stoffwechsel, d. i. die Umwandlung der chemischen Form der organischen Stoffe, der Stärke z. B. in Zucker, des Oeles in Stärke, scheint wohl in allen Zellen von Statten gehen zu können, doch scheinen derartige Vorgänge vorzugsweise den parenchymatischen Zellen eigen zu sein.

Die Zellencomplexe und Pflanzengewebe.

Die einfachsten Pflanzen bestehen aus einer einzelnen Zelle, die entweder isolirt lebt oder durch eine schleimige Substanz zu Haufen (Colonien) verbunden vorkommt. Es gehören hierher eine grosse Zahl von Algen und Pilzen; so der rothe Schnee auf den Schnee- und Eisfeldern des Nordens und der Alpen (Protococcus nivalis), eine einzellige Alge; das Nostoc commune, welches als faustgrosse Schleimmassen nach Gewitterregen in feuchten Wäl-

Fig. 12.

dern häufig gefunden wird und aus Algenzellen, welche durch Schleim mit einander verbunden sind, besteht, das Cethalium, ein gelber Schleim auf alter Gerberlohe; die Stückelalgen, eckige oder auch runde Zellen mit den zierlichsten Zeichnungen, deren Membran verkieselt ist und die in stehenden Gewässern und todt in

Fig. 12. Ein kleines Stück einer Caulerpa prolifera in natürlicher Grösse; a. Stengel, b. Blatt, c. junges Blatt, welches unterhalb der Spitze des alten Blattes hervorsprosst, d. Wurzel.

Kreide, Guano u. s. w. vorkommen; von einzelligen Pilzen nenne ich den Gährungspilz. Bei allen diesen Pflänzchen hat die Zelle eine einfache rundliche oder eckige Gestalt; bei einer anderen Gruppe einzelliger Pflanzen ist die Zelle aber nach den verschiedensten Seiten ausgebuchtet, es sind aus ihr blätter- und fadenartige Gebilde hervorgewachsen, wie Fig. 12, welche eine Caulerpa darstellt; ähnlich bilden sich Vaucheria, Botrydium u. s. w. Es sind dies Pflanzen, wo Blatt, Stamm und Wurzel einen gemeinsamen Hohlraum bilden.

Reihen sich Zellen an einander, so werden Zellenfäden gebildet, wie die Fadenalgen und eine grosse Reihe von Pilzen, die Fadenpilze, zu welchen die zahlreichen Formen der Schimmelpilze gehören. Die Zellen dieser fadenförmigen Pflanzen sind in der Regel etwas in die Länge gestreckt. Bei vielen derartigen Pflanzen zeigt sich eine Verästelung des Fadens. Die im Wasser lebenden Characeen bestehen aus einer Reihe weiter schlauchförmiger Zellen mit quirlförmiger Verästelung; bei vielen umgiebt noch eine dünne Rinde, aus einer einfachen Lage langer etwas gedrehter Zellen bestehend, die axiale Zellenreihe. Bei den Bauch- und Hutpilzen, den gewöhnlichsten Pilzformen, vereinigen sich eine grosse Zahl von Pilzfäden zu einer in sich abgeschlossenen Form. Bei den Flechten treten schon unter sich verschiedene Zellenformen auf, die Zellen der Rindenschicht und die Keimschicht, welche letztere aus rundlichen und stets chlorophyllhaltigen Zellen besteht.

Die Meeresalgen oder Tange bestehen ebenfalls aus zwei verschiedenen Zellformen; die Rindenzellen sind klein und rundlich und zum Theil chlorophyllhaltig, die Zellen der Markparthie hingegen sind weit und in axialer Richtung lang gestreckt und reich an eiweissartigen Stoffen. Zwischen den Markzellen liegt eine weiche Intercellularsubstanz und auf die innere Membranwand werden bedeutende Verdickungsschichten abgelagert, die aber von Porenkanälen durchbrochen sind, wodurch eine seitliche Verbindung der Markzellen unter sich und mit den Rindenzellen ermöglicht wird. Die Markzellen dienen der Fortbildung, sie vermehren sich durch Theilung, sie scheinen aber auch in grösserer Menge Zellennährstoffe, besonders eiweissartige Stoffe zu transportiren und zwar in der Richtung von den älteren Theilen der Pflanze zu den jüngeren; wir können diese Zellen deshalb als Leitzellen an-

sprechen, wohingegen die Rindenzellen als assimilirende zu betrachten sind.

Bei einigen Moosen findet man noch keine Differenzirung des Gewebes, andere Moose aber sind aus verschiedenen Zellformen zusammengesetzt. Bei den letzteren vereinigen sich die einzelnen Zellformen zu besonderen Geweben; die Pflanze ist aus verschiedenartigen Geweben zusammengesetzt. Von diesen Moosen an aufwärts finden wir die Differenzirung des Gewebes bei allen Pflanzengruppen wieder. Bei den Moosen mit differenzirtem Gewebe sind die Zellen in der Mitte des Stengels sehr zartwandig und etwas in axialer Richtung gestreckt; sie vermehren sich durch Theilung. Die äussere Zellenschicht des Stengels besteht aus rundlichen, vielflächigen Zellen, wovon die am meisten nach aussen gelegenen stark verdickt und mit Porenkanälen versehen sind. Die Blätter bestehen aus eben solchen Zellen. Die zartwandigen Zellen der Mitte sind die Cambiumzellen; mehrere Reihen solcher Zellen liegen neben einander und bilden so einen die ganze Pflanze von unten nach oben durchziehenden centralen Strang. Weil diese Zellen neben der Zellenvermehrung auch der Fortleitung der organischen Stoffe vorzugsweise dienen und besonders der Fortleitung der eiweissartigen Stoffe, kann man sie als Leitzellen betrachten und zwar als die einfachsten Leitzellenformen; der centrale Strang dieser cambialen Leitzellen heisst Leitzellenbündel, Cambium- oder Gefässbündel und ist die einfachste Form des Leitzellenbündels. Das Leitzellenbündel tritt bei manchen Moosarten auch in das Blatt ein und zeigt sich äusserlich an demselben als Mittelnerv. Um in die Blätter einzutreten, muss das centrale Leitzellenbündel sich verästeln. Bei den Moosen sind die Zellen des Leitzellenbündels fortbildungsfähig, vorzugsweise die äussere Reihe desselben; sie vermehren sich durch Theilung, und aus den neugebildeten Zellen bilden sich die Parenchymzellen der Rindenschicht hervor. Die mehr in der Mitte des Leitzellenbündels liegenden Zellenreihen scheinen weniger der Zellenvermehrung zu dienen und mehr den Charakter reiner Leitzellen zu besitzen. An diesen Pflanzen können wir somit zwei wesentliche Gewebe unterscheiden: das Parenchym und das Leitzellenbündel oder Cambium, welches letztere mit wenigen Ausnahmen, nur aus dünnmembranigen, etwas in die Länge gestreckten Zellen besteht; Gefässe finden sich noch nicht oder doch nur Andeutungen von Spiralgefässen. Bei Sphagnum, einem Laubmoose,

tritt das Cambium aus der Mitte des Stengels heraus und bildet einen geschlossenen Ring, welcher nach innen Parenchymzellen — Mark — umschliesst und nach aussen von Parenchymzellen — Rinde — umgeben wird; bei dieser Pflanze kann man drei verschiedene Gewebe unterscheiden, nämlich Mark, Cambiumring und Rinde. Die Zellen des Cambiumringes sind in axialer Richtung gestreckt, verdicken sich gewöhnlich, werden porös und verholzen.

Bei den Farrenkräutern treten die Gewebeformen der höheren Pflanzen zuerst vollständig hervor. Die Zellenelemente sind hier Parenchymzellen, zartwandige Cambiumzellen, Ring-, Spiralgefässe und Treppengefässe. Die Cambiumzellen und die Gefässe vereinigen sich zu Strängen, welche die Pflanze von der Wurzel nach oben durchziehen und, sich verzweigend, in die Blätter eintreten, woselbst sie sich wieder vielfach verzweigen. Diese Stränge sind die Gefässbündel oder Leitzellenbündel. Die Leitzellenbündel sind kreisförmig auf den Querschnitt des Stengels gestellt und umschliessen das Markparenchym, wohingegen sie nach aussen von dem Rindenparenchym umgeben sind. Vergl. Fig. 13, wo die heller schraffirten Stellen (c) die Gefässbündel darstellen. Die Anordnung in dem Leitzellenbündel oder Gefässbündel ist, wie sie Fig. 14 zeigt. Das Leitzellenbündel besteht aus zartwandigen gestreckten Cambiumzellen (cb), in der Mitte des Cambiums befinden sich die weiten Treppengefässe (cc), die von engen spiralförmig verdickten Gefässen umgeben sind; die Gefässe haben sich aus den Cambiumzellen hervorgebildet. Bei vielen Farrenkräutern kommt es vor, dass eine oder mehrere das Leitbündel umgebende Zellenlagen des Parenchyms verholzen (Fig. 13 die dunkel schraffirten Stellen a und b); es ist dann das Leitbündel von verholztem Parenchym umschlossen. Zuweilen findet sich das Holzparenchym nur an einer Seite des Leitbündels. Die Wurzel der

Fig. 13.

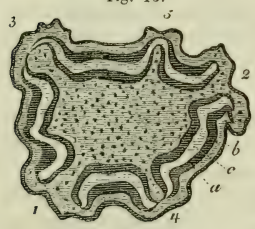
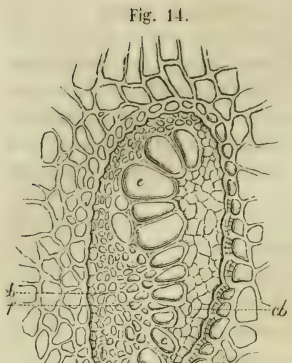


Fig. 13. Querschnitt eines tropischen Farrnstammes; a. u. b. Schichten verholzter Parenchymzellen, welche das Leitzellenbündel (c) umgeben. (Natürliche Grösse.)

Fig. 14.



Farrnkräuter besitzt ein centrales Leitbündel, welches bei dem Uebertritt in den Stamm in mehrere Stränge sich theilt. Nach aussen ist die Pflanze von Oberhautzellen begrenzt. In dem Leitzellenbündel liegen die Zellen alle so dicht nebeneinander, dass keine luftführenden Intercellularräume gebildet werden; diese finden sich nur in dem Parenchym. Es gilt dieses für die Leitzellen- oder Gefässbündel aller Pflanzen. Bei den Schachtelhalmen ist das Leitzellenbündel weniger scharf abgegrenzt wie bei den Farrn; die Gefässe befinden sich auch hier in der Mitte des Cambiums und sind meistens Ringgefässe.

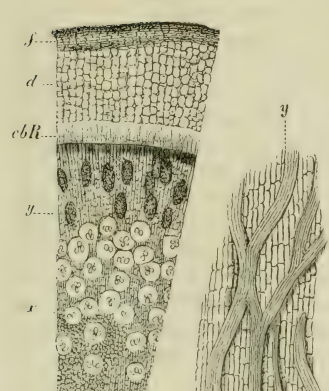
Bei einigen andern Gefässcryptogamen, den Rhizocarpeen (Wasserfarrnen) und einigen Bärlappen ist das Leitzellenbündel wieder central; die Gefässe sind von Cambiumzellen umgeben.

Bei den Monokotyledonen und Dikotyledonen finden wir alle früher beschriebenen Zellenformen, welche sich hier zu den verschiedensten Geweben vereinigen. Eine Ausnahme machen einige Wasserpflanzen, deren Leitzellenbündel aus den einfachsten Leitzellen, den zartmembranigen Cambiumzellen, welche mehr oder weniger stark gestreckt sind, bestehen; die Gefässe fehlen hier oder sind nur hier und da angedeutet. Najas, Lemna (Wasserlinse), Nuphar und Nymphea (Teichrose), Ceratophyllum, Victoria regia u. s. w. haben ein nur aus Cambiumzellen bestehendes Leitzellenbündel.

Bei den Monokotyledonen durchziehen, auf den Querschnitt des

Fig. 14. Querschnitt durch ein Leitzellenbündel im Wedel des Adlerfarrns: cb. Cambiumzellen, e. weite Treppengefässe, f. spiralig verdickte Gefässe. Das Leitzellenbündel wird von stark verdickten und verholzten Parenchymzellen umschlossen (150 mal vergrössert).

Fig. 15.



Stammes zerstreut gestellt (Fig. 15 y u. x), die Leitzellenbündel das Markparenchym. Das Leitzellenbündel besitzt in der Mitte Cambiumzellen, die gewöhnlich nach der Mitte des Stammes hin von Gefässen, nach der Rinde hin von Bastzellen umgeben sind. Alle früher beschriebenen Gefässformen kann man hier finden. Fig. 16 zeigt das Gefässbündel vom Hafer. Das Leitzellenbündel der Monokotyledonen besteht demnach aus Gefässen und Holzzellen, Cambiumzellen und dem Bastkörper. Die Cambiumzellen sind vollständig von dem Bastkörper und den Gefässen umschlossen. Anfangs besteht das Leitzellenbündel nur aus fortbildungsfähigem Cambium; aus den Cambiumzellen gehen die Gefässe und die Zellen des Bastes, bei manchen Pflanzen auch getüpfelte Holzzellen und Milchsaftgefässe hervor. Bei dem ausgebildeten Leitzellenbündel, zur Zeit wenn die Gefässe verholzt sind, ist das Cambium nicht mehr fortbildungsfähig, es haben seine Zellen dann nur noch die Bedeutung von Leitzellen, d. h. es bewegen sich in ihnen die Pflanzensäfte. Die Leitzellenbündel sind von dem Parenchym scharf abgegrenzt, sie verzweigen sich aber

Fig. 16.

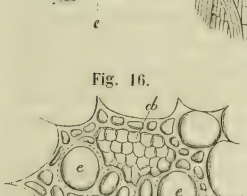


Fig. 15. Quer- und Längsschnitt durch den Stamm von Dracaena; f. Korkschicht, d. Rindenparenchym, cbR. Cambiumring, x u. y. Leitzellenbündel, e. das Parenchym, welches die Leitzellenbündel umgiebt (20 mal vergrössert).

Fig. 16. Querschnitt durch das Gefässbündel im Halm des Hafers; cb. Cambium, e. weite getüpfelte Gefässe, f. engere Spiralgefässe (20 mal vergrössert).

und setzen sich dadurch unter einander in Verbindung (Fig. 15 Längsschnitt). Zwischen Markparenchym und Rinde liegt ein Ring cambiformer Zellen, Cambiumring, dessen Zellen fortbildungfähig sind und vorzüglich Parenchymzellen, nie aber Gefässe bilden. Bei den meisten Pflanzen verholzen die Zellen des Cambiumringes und hört dann das Dickenwachsthum des Stammtheiles, dessen Cambiumring verholzt ist, auf. In der Rinde liegen ebenfalls bei manchen Pflanzen Leitzellenbündel mit Gefässen, oft auch nur Bastbündel und Milchsaftgefässe. Das Rindenparenchym besitzt zuweilen eine Korkbildungsschicht und ist dann die Pflanze durch Kork nach aussen abgeschlossen. Bei den Monokotyledonen mit entwickelten Stengelgliedern, wie bei den Cerealien und den Gräsern überhaupt, giebt das durch den Knoten laufende Leitzellenbündel Zweige ab; aus diesen Zweigen bilden sich sowohl neue nach oben gehende Leitzellenbündel als auch solche, die in das Blatt eintreten. Das die Leitzellenbündel im Knoten umgebende Gewebe bleibt weit länger fortbildungsfähig wie in den übrigen Theilen des Stengels, weshalb sich in dem Knoten auch neue Leitzellenbündel entwickeln und das Wachsen des Blattes lange fortdauern kann. Das Blatt der Monokotyledonen wächst nämlich an seiner Basis, die letztere fällt aber immer mit dem Knoten, mit dessen fortbildungsfähigem Gewebe zusammen. Die Stengelglieder hören sehr bald auf zu wachsen, wenn die Leitzellenbündel ausgebildet sind; sobald die Zellen des Cambiumringes verholzt sind, ist Längen- und Dickenwachsthum des betreffenden Stengelgliedes zu Ende. Aus dem fortbildungsfähigen Gewebe der Knoten entwickeln sich sowohl die Blätter als auch die Nebenwurzeln. Wo sich aus Axilarknospen neue Zweige entwickeln, da bilden sich diese Knospen ebenfalls aus dem fortbildungsfähigen Gewebe der Knoten hervor; am meisten kommt dies vor bei den Rhizomen oder unterirdischen Stengeln, z. B. der Kartoffeln, Gräser, auch bei den oberirdischen Stengeln, z. B. den Cerealien aus dem der Oberfläche naheliegenden Knoten (Bestockung). Bei der Wurzel der Monokotyledonen sind die Leitzellenbündel gewöhnlich (auf dem Querschnitt) in einen Ring gestellt; im Blatte laufen sie fast parallel neben einander.

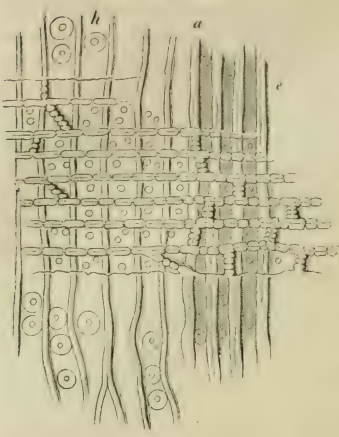
Der Stengel einjähriger Dikotyledonen ist zusammengesetzt aus Markparenchym, welches in der Mitte liegt, aus Leizellenbündeln, welche kreisförmig das Mark umgeben, und der Rinde mit der Oberhaut. Das Leitzellenbündel besteht aus dem Holzkörper, dem

Fig. 17.

Cambium und dem Bastkörper; der Holzkörper, aus Gefässen und Holzzellen bestehend, liegt nach innen, also nach dem Marke zu, der Bastkörper, aus Bastzellen, Siebröhren, Milchsaftgefässen bestehend, nach der Rinde hin oder in der Rinde und umgiebt das Cambium gewöhnlich halbmondförmig. Das Rindenparenchym begrenzt das Leitzellenbündel nach aussen. Hier tritt noch ein eigenthümliches Gewebeelement hinzu, was den Monokotyledonen fehlt, nämlich die Markstrahlen, welche aus in radialer Richtung gestreckten, von den Rindenparenchym zu dem Markparenchym den Stengel quer durchsetzenden Zellen bestehen, gewöhnlich Säfte enthalten und erst spät verholzen, (S. Fig. 18.) Die Leitzellenbündel sind in einen Ring gestellt, und in der jungen Pflanze werden die Cambiumstreifen der Leitzellenbündel so von ausserhalb des Leitzellenbündels liegenden Cambiumzellen (Fig. 17 cbR.) mit einander vereinigt, dass ein vollständiger Ring von Cambiumzellen entsteht. Aus den zwischen den Leitzellenbündeln liegenden Cambiumzellen bilden sich die Markstrahlen und das Rindenparenchym, während aus dem Cambium des Leitzellenbündels selbst Gefässe und Holzzellen nach innen, Bastzellen, Siebröhren u. s. w. und Parenchymzellen nach aussen sich entwickeln. Bei vielen einjährigen krautartigen Pflanzen besteht der Holzkörper häufig vorzugsweise aus Gefässen, es treten dann die Holzzellen zurück; bei andern hingegen und bei perennirenden Gewächsen sind die Holzzellen in grösster Menge zugegen und befinden sich dann nur eine geringe Zahl Gefässe im Holzkörper, welche sich in dem am meisten nach innen gelegenen Theile des Holzkörpers vorfinden und sich zu einem Ringe, der das Mark umschliesst — Markscheide — gestalten. Wenn gleichzeitig mit der Bildung des Holzkörpers des Leitzellenbündels die Markstrahlzellen verholzen, bildet sich ein geschlossener Holzring. Das Cambium der Dikotyledonen bleibt beständig fortbildungsfähig, es vermehrt nach der einen Seite den Holzkörper, nach der andern Seite den Bastkörper

Fig. 17. Querschnitt eines jährigen Zweiges von Cocculus laurifolius: a. Holzkörper des Leitzellenbündels, b. Bastkörper desselben Leitzellenbündels, cb. Cambium des Leitzellenbündels, cbR. Cambiumring oder Markstrahlencambium, f. Markstrahl, e. Mark (25 mal vergrössert).

Fig. 18.



gewöhnlich aber den ersten stärker als den letzteren. Bei perennirenden Gewächsen tritt gewöhnlich eine Unterbrechung in der Thätigkeit des Cambiums mit dem Aufhören der Vegetationsperiode ein; bei dem Anfange der neuen Vegetationsperiode beginnt in den entwicklungsfähig gebliebenen Cambiumzellen eine lebhafte Zellentheilung und die Bildung neuer Gewebetheile setzt sich nun wieder fort; im Gefässbündel bilden sich nach dem Marke hin neue Holz- und Gefässzellen, nach der Rinde hin neue Bastzellen u. s. w.; aus dem Zwischencambium gehen neue Markstrahlen hervor. Diese Unterbrechung charakterisirt sich bei den Holzpflanzen durch die sogenannten Jahresringe, welche dadurch gebildet werden, dass die im Frühjahre zuerst entstandenen Holzzellen weit und wenig verdickt sind, während die im Sommer gebildeten Zellen weniger weit und mehr verdickt und die noch später erzeugten flach und stark verdickt sind (Fig. 18). In der Rinde der meisten Holzgewächse giebt es Parenchymzellen, welche ebenfalls fortbildungsfähig bleiben und zu einem eigenen Cambiumlager werden; aus ihnen erzeugt sich durch Theilung der Kork, welcher bei Holzgewächsen in der Regel die abgeworfene ursprüngliche Rinde ersetzt. Die Thätigkeit in dem Korkbildungslager ist natürlich auch eine periodische.

Das in die Blätter eintretende Leitzellenbündel besteht nur aus Bastkörper, Cambium und Gefässen, einen eigentlichen Holzkörper besitzt dasselbe nicht. In der Wurzel verhält sich die Anordnung der Gewebetheile ziemlich der des Stammes ähnlich.

Fig. 18. Radialer Längsschnitt durch das Holz der Tanne: a. u. h. Holzzellen, h. Frühlingsholz, a. Herbstholz, von e. bis e. Markstrahl Zellen (200 mal vergrössert).

Abweichungen von der vorhin beschriebenen Anordnung der Gewebetheile kommen vielfach vor; so finden wir in der verdickten Wurzel der Runkelrübe mehrere Leitzellenbündelkreise, die durch ein dünnmembraniges Parenchym von einander getrennt sind; innerhalb des Markes mancher Pflanzen (Solanum, Nerium, Tabak), in der Nähe der Markscheide, liegen Leitzellenbündel, welche aus Cambium, Siebröhren, Gefässen u. s. w. zusammengesetzt sind.

Bei vielen Pflanzen gesellen sich dem Leitzellenbündel noch Milchsaftgefässe bei; sie sind als ein Theil des Bastkörpers des Leitzellenbündels zu betrachten. Auch im Marke kommen zuweilen Milchsaftgefässe vor.

Das Wachsthum beruht überall in der Pflanze auf Zellenvermehrung durch Theilung. Bei allen Pflanzengruppen finden wir gewisse Zellenpartien, welche vorzugsweise zum Wachsen geeignet sind. Das Längswachsthum der höheren Pflanzen, hat seinen Sitz in dem jüngsten fortbildungsfähigen Ende des Stammes und der Zweige — Terminalknospen; — in dem Urparenchym daselbst findet eine lebhafte Zellenvermehrung statt, in Folge dessen der Theil sich ausdehnt. Die jungen Zellen differenziren sich bald und wandeln sich in die verschiedenen Gewebe um, in Leitzellen. Rinde u. s. w., während an der Spitze das Urparenchym fortbildungsfähig bleibt. Die Wurzel wächst ebenso in die Länge, ihr fortbildungsfähiges Urparenchym sitzt an der Wurzelspitze. Die Blätter, Zweige und axillaren Blüthenknospen werden angelegt durch seitliche Abzweigung des Leitzellenbündels, indem das Cambium seitlich die Rinde durchsetzt und eine Knospe bildet, aus deren Urparenchym sich die Gewebe hervorbilden. Bei den Nebenaxen oder Zweigen wird die Knospe zur Terminalknospe, welche, so lange wie die Pflanze oder der Zweig lebt, denselben verlängert. Das Dickenwachsthum der Gefässpflanzen, d. h. solcher, die Leitzellen- oder Gefässbündel besitzen, hat seinen Sitz in dem Cambium. Der Stamm der Farrne und der anderen cryptogamen Gefässpflanzen verdickt sich so lange, als die das Cambium umgebenden Zellen nicht verholzt sind; diese Verholzung tritt gewöhnlich sehr bald ein. Die Monokotyledonen verdicken sich vom Cambiumringe aus, da aber hier die Zellen des Cambiumringes meistens bald verholzen, ist das Dickenwachsthum kein lange andauerndes und der Stengel oder das Stengelglied geht nur wenig über die von Anfang angelegte Dicke hinaus. Eine Verdickung des Stammes kann auf

die Weise erfolgen, dass die sich entwickelnden höheren Stengelglieder dicker angelegt werden, wobei dann gewöhnlich die unteren älteren Stengelglieder dünner sind wie die oberen jüngeren. So sind z. B. die unteren zwei Stengelglieder der Cerealien, jene, welche sich in der Erde befinden, fadenförmig, wohingegen das dritte von Anfang an viel dicker angelegt wird, indem das Gewebe des Knotens stärker wächst und sich ausdehnt und durch Abzweigung neue Leitzellenbündel entstehen. Bei den Dikotyledonen ist das Dickenwachsthum bei perennirenden ein unbeschränktes, weil das Cambium der Gefässbündel und des Verdickungsringes beständig fortbildungsfähig bleibt.

Werfen wir einen Blick auf die vorstehenden Darstellungen der Organisation der verschiedenen höheren Pflanzen zurück, so sehen wir die Gewebe in zwei grosse Gruppen zerfallen, in parenchymatische Gewebe und in Leitzellen- oder Gefässbündel; bei Holzpflanzen gesellt sich diesen Gewebeformen noch der Holzkörper hinzu, der freilich ein Product des Gefässbündels ist, aber als eigenes Gewebe im ausgebildeten Zustande dasteht. Die parenchymatischen Gewebe zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Zellen keine besonders langgestreckten Formen annehmen, und dass sie vorzugweise stickstofffreie Stoffe enthalten, Stärke, Zucker, Dextrin, Oele, organische Säuren und anorganische Salze u. s. w. Zu ihnen gehören das eigentliche Parenchym, das Merenchym, Collenchym und der Kork. Die Zellen des Leitzellenbündels charakterisiren sich durch ihre Längsstreckung und durch die Verschmelzung ganzer Reihen zu continuirlichen Röhren; sie enthalten einen Saft, der reich an stickstoffhaltigen Stoffen ist; die röhrenförmigen Gebilde verlieren denselben aber leicht und führen dann Luft. Lange oder beständig mit einem solchen Safte erfüllt sind die Cambiumzellen, die Siebröhren, die zartwandigen Bastzellen, die Milchsaftgefässe und die unechten Gefässe, sowie die Markstrahlzellen; in ihnen wandern vorzüglich die organischen Stoffe und sind sie deshalb Leitzellen. Die jungen Holzzellen und jungen Gefässe sind ebenfalls Leitzellen. Das Leitzellenbündel durchzieht die ganze Pflanze aus der jüngsten Wurzelspitze bis zu den Terminalknospen und tritt in die Blätter ein, woselbst es sich zwischen dem Parenchym verliert, oder vielmehr in das Parenchym (Merenchym) übergeht. Die Leitzellen desselben vermitteln die Saftbewegung durch die Pflanze ganz besonders; in den parenchymatischen Geweben finden

übrigens aber auch Saftbewegungen statt, doch hat die Saftbewegung in den Leitzellen mehr den Charakter des Transportes in der Längsrichtung der Pflanze. Der ausgebildete Holzkörper der Pflanze ist nicht mehr lebensthätig, er ist als todter Pflanzentheil zu betrachten. Dasselbe gilt von den luftführenden Gefässen.

Die fortbildungsfähigen Gewebe der Pflanze sind das Urparenchym, welches sich in den Knospen vorzugsweise findet, und das Cambium der Leitzellenbündel und des Verdickungsringes; zu dem Cambium muss man auch die fortbildungsfähigen Gewebe in den Knoten der Monokotyledonen und in der Rinde der perennirenden Gewächse (Korkbildungslager) rechnen.

Die physicalischen Gesetze der Nährstoffaufnahme und Stoffwanderung.

Um mit klarem Blicke die Erscheinungen der Nahrungsstoffaufnahme und die Wanderung der Stoffe durch die Pflanze überschauen zu können und das Verständniss derselben leichter zu finden, ist es nöthig eine vollständige Einsicht in die physicalischen Vorgänge zu haben, welche bei der Aufnahme und Stoffwanderung eine Rolle spielen. Diese Vorgänge alle lassen sich auf eine Molecularbewegung der flüssigen und gasförmigen Stoffe zurückführen. Die von Wasser umgebene Pflanzenwurzel nimmt das Wasser selbst und die in ihm gelösten Stoffe auf, die von Luft umgebenen Blätter und sonstigen Pflanzentheile saugen Gase ein. Der Act der Aufnahme ist in beiden Fällen eine eigenthümliche Art von Molecularbewegung der flüssigen und gelösten sowie der gasförmigen Materie, jene Bewegung, welche in der Physik als Diffusion bezeichnet wird. Ehe ich nun zur Aufnahme-Thätigkeit selbst und zu den Beziehungen des Bodens und der Atmosphäre zu derselben übergehe, halte ich es für zweckmässig, die Diffusion in ihren verschiedensten Wirkungen zuerst ausführlich zu erörtern.

Die Diffusion.

Kommen zwei chemisch verschiedene flüssige Stoffe, welche eine chemische Anziehung zu einander besitzen, mit einander in Berührung, so durchdringen dieselben sich derartig, dass aus ihnen eine Flüssigkeit resultirt, in welcher die beiden flüssigen Stoffe sich in gleicher Vertheilung befinden. Nehmen wir Alkohol und

Wasser. Giesst man auf den Boden eines Glascylinders eine Schicht Wasser, und auf die Wasserschicht eine Schicht Alkohol, so dringt der Alkohol langsam in die Wasserschicht ein, wohingegen das Wasser in die Alkoholschicht aufsteigt. Es muss natürlich der Alkohol mit der Vorsicht auf das Wasser gegossen werden, dass beide sich nicht gleich Anfangs unter einander mischen, sondern sich in ebenen Flächen berühren. Am besten geschieht dieses, wenn man den Alkohol langsam aus einer Pipette auslaufen lässt, welche mit ihrer Spitze sich an der Gefässwand dicht über der Flüssigkeit befindet. Von der unteren Fläche der Alkoholschicht dringt der Alkohol allmälig in die Wasserschicht ein und verbreitet sich über die ganze Schicht, und so auch umgekehrt das Wasser. Hören diese Bewegungen auf, so ist aus beiden eine Flüssigkeit geworden, die in jeder Raumeinheit gleiche Theile Alkohol und Wasser enthält.

Diese Art der Mischung flüssiger Stoffe beruht auf einer Molecularbewegung. Die Molecüle des Alkohols treten zwischen die Wassermolecüle der Wasserschicht und verbreiten sich darin; die Molecüle des Wassers steigen in die Alkoholschicht auf und verbreiten sich in dieser. Die Alkohol- und Wassermolecüle kommen dann erst zur Ruhe, wenn sie in der ganzen in Zusammenhang stehenden Flüssigkeitsmasse sich gleichmässig vertheilt haben.

Derselbe Fall tritt ein, wenn man auf eine Wasserschicht eine Schicht mit Wasser verdünnten Alkohols bringt. Die Molecüle des Alkohols in der oberen Schicht verbreiten sich auf die Wasserschicht und die Wassermolecüle der letzteren auf die Schicht des verdünnten Alkohols. Die Alkoholschicht giebt so lange Alkoholmolecüle an die Wasserschicht, die letztere so lange Wassermolecüle an die Alkoholschicht ab, bis aus beiden eine gleichprocentige Mischung von Wasser und Alkohol hervorgegangen ist.

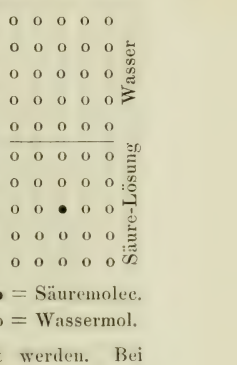
Anschaulicher lässt sich der letzte Fall demonstriren, wenn man auf den Boden des Cylinders eine concentrirte Oxalsäurelösung oder eine verdünnte Schwefelsäure giesst und auf diese in der eben beschriebenen Weise eine Schicht Wasser, welches mit wenig Lacmustinctur blau gefärbt ist, bringt. (Dieser Versuch ist für den Hörsaal besonders geeignet.) Anfangs bemerkt man nur einen ganz dünnen rothen Streifen, und zwar da, wo sich die Flächen der beiden Schichten berühren. Der rothe Streifen nimmt aber immer mehr an Breite zu. Bei der ersten Berührung färben

die Schwefelsäuremolecüle das Lacmus an der unteren Grenze der Wasserschicht roth, je höher aber die Schwefelsäuremolecüle in der Wasserschicht aufsteigen, um so breiter wird der rothe Streifen, bis denn zuletzt die ganze Wasserschicht roth gefärbt und von Schwefelsäure durchdrungen ist. Wenn die Molecularbewegungen aufhören, ist in jeder Raumeinheit der beiden Schichten ein gleiches Verhältniss der Schwefelsäure- und Wassermolecüle, d. h. wenn z. B. in einem Cubikzoll an der Oberfläche der Flüssigkeitssäule die Wassermolecüle sich zu den Säuremolecülen wie 10 : 1 verhalten, so findet sich dieses Verhältniss auch an jedem anderen Orte der Flüssigkeitssäule. Eine Schwefelsäureschicht von 10 Procent giebt an eine auf ihr ruhende Wasserschicht, deren Volum der Säureschicht gleich ist, so viel Schwefelsäure ab, dass die Wasserschicht zu einer fünfprocentigen Säureschicht wird, wobei denn die Säureschicht auch eine fünfprocentige bleibt.

Diese Molecularbewegungen haben das Auffallende, dass die specifisch schwereren Molecüle zu den specifisch leichteren aufsteigen, wohingegen die specifisch leichteren sich senken. Es weist dieser Umstand auf chemische Anziehung hin, welche zwischen den sich gegen einander bewegenden Molecülen besteht. Stoffe, welche keine chemische Anziehung zu einander besitzen, welche sich nicht mit einander mischen lassen, wie fette Oele und Wasser, können auch auf dem Wege der oben beschriebenen Molecularbewegung oder der Diffusion sich nicht mit einander mischen. In einer Säurelösung sind die Säuremolecüle gleichmässig vertheilt; es muss das Säuremolecül nach allen Seiten gleichmässig von Wassermolecülen umgeben sein, die dasselbe auch nach allen Seiten hin gleichmässig anziehen: denn ohne diese gleichmässige Anziehung würde das Säuremolecül wegen seines grösseren specifischen Gewichtes sich im Wasser senken müssen. In einer Lösung, die mehr Säure als Wasser enthält, wird das Wassermolecül gleichmässig von Säuremolecülen umgeben und angezogen sein, wodurch dann das specifisch leichtere Wassermolecül am Aufsteigen verhindert wird. In einer Lösung von 10 Volumprocent ist ein Säuremolecül von 9 Wassermolecülen umgeben, in einer Lösung von 50 Volumprocent hält 1 Säuremolecül 1 Wassermolecül angezogen und in einer solchen von 90 Volumprocent 9 Säuremolecüle 1 Wassermolecül.

Kommen Säurelösung und Wasser, wenn sie schichtenweise übereinander gebracht sind, mit einander in Wechselwirkung, so

tritt an den sich berührenden Flächen der beiden Schichten ein ungleichmässiger Zustand der Anziehung ein, wie dies die nebenstehende Figur veranschaulicht. In derselben stehen 25 Molecüle Säurelösung mit 25 Molecülen Wasser in Berührung. Die Säurelösung enthält in 25 Molecülen 1 Molecül Säure und 24 Molecüle Wasser. Das Säuremolecül wird nach der Seite des Wassers stärker angezogen, und setzt sich nach diesem hin in Bewegung, wodurch aber alle Molecüle in Bewegung gerathen müssen; denn das Säuremolecül kann nicht eher in Ruhe kommen, bis es von den 49 Wassermolecülen nach allen Seiten hin gleichmässig umgeben ist und gleichmässig angezogen wird, und die neue Anordnung der Molecüle kann nur durch eine Bewegung der sämmtlichen Wassermolecüle erzielt werden. Bei schichtweisem Zusammenkommen von Flüssigkeiten treten diese Bewegungen ein. Wir wollen uns eine Schicht vierprocentiger Oxalsäurelösung mit einer Schicht Wasser in Berührung denken: die der Wasserschicht zunächst liegenden Säuremolecüle werden sich zu dem Wasser hinbewegen, in die Wasserschicht übertreten; hierdurch nun treten die den ersten, in ihrer Lage bereits veränderten Säuremolecülen zunächst liegenden Säuremolecüle in einen ungleichen Zustand der Anziehung und auch die werden eine Bewegung nach der Wasserschicht hin beginnen u. s. w.; es tritt auf diese Weise eine continuirliche Bewegung ein, nämlich der Säuremolecüle zur Wasserschicht und der Wassermolecüle zur Säureschicht, und eine derartige continuirliche Bewegung nennen wir Diffusion.



Wie in dem vorhergehenden Falle die Säuren auftraten, so verhalten sich auch alle in Wasser löslichen Stoffe, Salze, organische Stoffe, wie Zucker, Gummi, Eiweiss u. s. w.; flüssige Stoffe, welche in einander löslich sind, diffundiren auch mit einander, so Alkohol und Oel, Alkohol und Wasser, nicht aber Oel und Wasser. Die Diffusionsvorgänge, welche uns am meisten interessiren, im Boden und in den Pflanzen, haben wässerige Lösungen von anorganischen und organischen Stoffen, verdünnte Salzlösungen, in Wasser gelöste Säuren (Kohlensäure, humusartige Säuren), Lösungen von Eiweiss, Gummi, Zucker u. dgl. zur Grundlage.

Die Ursache der Diffusion ist eine chemische Anziehung; mithin muss auch die Diffusion des einen Stoffes in und zu dem andern hinsichtlich der Schnelligkeit sehr verschieden sein; je grösser die Anziehung ist, um so schneller ist auch die Bewegung der diffundirenden Stoffe. Ich habe diesen Gegenstand vielfach experimentell bearbeitet und gefunden, dass Säuren schneller auf Wasser diffundiren, wie Salze, am langsamsten diffundiren Eiweiss und die schleimigen Kohlenhydrate mit Wasser. Auch die Concentration ist von wesentlichem Einflusse auf die Schnelligkeit der Diffusion. Bei ein und demselben gelösten Stoffe, etwa bei Oxalsäure, nimmt die Schnelligkeit mit der Concentration ab; es tritt diese Erscheinung aber erst auffallend hervor, wenn man recht weit auseinandergehende Concentrationen untersucht, etwa 10 Proc. und 1 Proc., bei näher liegenden Concentrationen fallen die Differenzen in die analytischen Fehler. Ueber die Ursache dieser Erscheinung muss ich auf das unten angeführte Werk verweisen,*) die Besprechung derselben würde uns hier zu weit führen.**)

Wir haben bis jetzt nur den Fall besprochen, wo nur ein einzelner Stoff in dem Wasser diffundirt. In Boden und Pflanze finden wir immer eine grössere Anzahl von gelösten Stoffen gleichzeitig in concentrationsausgleichender Bewegung; aber auch unter diesen Verhältnissen sind die Diffusionserscheinungen dieselben. Denken wir uns auf einer Salzlösungsschicht eine Zuckerlösungsschicht. Das Salz der Salzlösungsschicht diffundirt auf das Wasser der Zuckerlösungsschicht und umgekehrt der Zucker auf das Wasser der Salzlösungsschicht und zwar werden diese Molecularbewegungen so lange andauern, bis die beiden Schichten zu einer gleichartigen Gesammtflüssigkeit geworden sind, in welcher in jeder Raumeinheit Wasser, Salz und Zucker sich in gleichen Mengenverhältnissen befinden.

Mögen auch noch so viele Stoffe in dem Wasser gelöst sein, alle haben das Bestreben sich gleichmässig auf die ganze in Zusammenhang stehende Wassermasse zu verbreiten, um eine gleich-

---

*) Dr. W Schumacher, die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze Leipzig und Heidelberg 1861, Seite 43.

**) Einen einfachen und zweckmässigen Apparat zum Studium der Diffusionserscheinungen habe ich in Poggendorf's Annalen der Chemie und Physik, Band 110, Seite 341, beschrieben.

mässige Vertheilung der gelösten Stoffe herbeizuführen. Diese gleichmässige Vertheilung der gelösten Stoffe kann man als ein chemisches Gleichgewicht der gelösten Stoffe und des Lösungsmittels ansehen; so lange wie die Molecüle des gelösten Stoffes nicht gleichmässig von den Molecülen des Lösungsmittels umgeben und nach allen Seiten hin gleichmässig angezogen werden, so lange ist die chemische Anziehung der verschiedenartigen Molecüle nicht im Gleichgewicht, so lange haben sie aber auch das Streben nach einem derartigen Gleichgewichtszustande. Die Molecüle kommen erst zur Ruhe, nachdem der Gleichgewichtszustand eingetreten ist und die Molecüle sich nach allen Seiten hin gleichmässig anziehen.

Von besonderem Einflusse auf den Gang der Diffusion ist die Temperatur; wie ich gefunden habe, werden die molecularen Bewegungen durch Erhöhung der Temperatur beschleunigt; der Gleichgewichtszustand wird also schneller herbeigeführt.

Auf dieselbe Weise wie flüssige und gelöste Stoffe, diffundiren auch Gase. Man kann sich davon überzeugen, wenn man zwei Cylinder oder Flaschen mit Korken verschliesst, die aber durch eine Röhre mit einander verbunden sind, und die eine mit Kohlensäure, die andere mit atmosphärischer Luft füllt; der Apparat wird so aufgestellt, dass die eine Flasche über der andern und die Kohlensäureflasche zu unterst steht. Klebt man an den Boden der oberen Flasche einen Streifen blaues Lacmuspapier, so wird die nach einiger Zeit eintretende Rothfärbung desselben die Gegenwart der Kohlensäure anzeigen. Die specifisch schwerere Kohlensäure ist aus der unteren Flasche in die obere aufgestiegen und die specifisch leichtere atmosphärische Luft ist in die untere Flasche hinabgesunken. Nach einiger Zeit befindet sich in beiden Flaschen ein gleichmässiges Gemisch von atmosphärischer Luft und Kohlensäure; es tritt, gerade wie bei flüssigen Stoffen, ein Zustand des chemischen Gleichgewichtes ein, bei welchem die Bewegung der Gase aufhört. Das Streben nach jenem Gleichgewichte, welches sich in der gegenseitigen Durchdringung der Gase kundgiebt, ist ebenfalls eine Diffusion und Alles, was über diese vorhin gesagt wurde, gilt auch von der Gasdiffusion.

Es scheint, dass alle bekannten Gase und gasförmigen Stoffe mit einander diffundiren; die für uns wichtigsten sind Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Ammoniak, Wassergas, Schwefel- und

Phosphorwasserstoffgas, kurz alle Stoffe, welche in Dampf- oder Gasform von der atmosphärischen Luft aufgenommen werden.

Die Membrandiffusion oder Diosmose.

Die flüssigen und in Flüssigkeiten gelösten Stoffe vermögen auch in feste Körper einzudringen; so beobachtete Bischoff, dass sich in dichten unverwitterten Basalten Wasser befand, welches nicht zu der chemischen Constitution des Gesteins gehörte und nur von aussen in den poren- und risselosen Basalt eingedrungen sein konnte; am häufigsten finden wir diese Durchdringung im Reiche des Organischen. Stärke, geronnenes Eiweiss, Zellstoff u. s. w. nehmen in ihre Masse Wasser auf, welches von aussen eindringt. Früher leitete man diese Eigenschaft von einer Porosität der festen Körper ab; diese Porosität kann aber weiter nichts sein, als der von ponderabler Materie freie Zwischenraum der festen Körper. Wenn wir uns die Constitution der Materie nach der Theorie der Atomisten vorstellen, so bestehen die Körper aus Molecülen oder kleinsten Massetheilchen, welche letztere einen Kern ponderabler Materie zur Grundlage haben und von einer Aetherhülle umgeben sind. Die ponderable Materie ist das Substrat der anziehenden, der Aether (Weltäther) das Substrat der abstossenden Kraft. Wenn in einem Körper die abstossende Kraft der Aetherhüllen seiner Molecüle die anziehende Kraft der ponderablen Kerne der Molecüle überwiegt, so stossen die Molecüle sich gegenseitig ab und die Materie erscheint in gasförmiger Gestalt; in einem Körper, in welchem die Anziehung der ponderablen Kerne die Abstossung der Aetherhüllen überwiegt, nimmt die Materie die feste Aggregatsform an und der Körper ist um so dichter als die anziehende Kraft ein grösseres Uebergewicht über die abstossende Kraft hat; wenn abstossende und anziehende Kraft sich das Gleichgewicht halten, so entsteht die flüssige Aggregatsform und die Molecüle der Materie sind leicht verschiebbar. In jedem festen Körper befinden sich demnach Räume, welche von ponderabler Materie frei und mit Aether erfüllt sind, die Zwischenräume der ponderablen Kerne oder die Molecularinterstitien. Wenn ein fester Körper von einer Flüssigkeit durchdrungen wird, so sind es die äthererfüllten Zwischenräume, welche die Molecüle des flüssigen Körpers aufnehmen. Nach der matoistischen Theorie lässt sich diese Durchdringung auf folgende

Weise erklären: Die ponderablen Kerne des festen Körpers ziehen die ponderablen Kerne des flüssigen Körpers an, die Anziehung ist aber stärker als die Abstossung der Aetherhüllen der in Berührung stehenden ungleichartigen Molecüle; die Molecüle des flüssigen Stoffes dringen unter Compression der Aetherhüllen in die äthererfüllten Zwischenräume oder Molecularinterstitien des festen Körpers ein. Diese Durchdringung ist mithin weiter nicht von der Durchdringung flüssiger Körper verschieden, nur dass bei der Durchdringung des festen Körpers dessen Molecüle passiv bleiben, d. h. nicht in Bewegung gesetzt oder verschoben werden, wie dies bei der Durchdringung zweier Flüssigkeiten der Fall ist; bei der Durchdringung eines festen Körpers von einem flüssigen befinden sich nur die Molecüle des letzteren in Bewegung.

Bei der Pflanze spielt diese Art der Durchdringung eine Hauptrolle und findet sich überall da, wo Flüssigkeiten mit membranösen Gebilden in Berührung stehen; gleichzeitig ist hier die Durchdringung von einer Diffusion begleitet. Die Pflanzenzelle ist, wie bekannt, eine bläschenförmige allseitig geschlossene Membran, welche neben granulirten und anderen festen Stoffen auch eine Flüssigkeit, eine wässerige Lösung von Salzen und organischen Stoffen umschliesst. Die flüssigen Stoffe des Zelleninhaltes durchdringen die Membran und wandern auf diese Weise aus einer Zelle in die andere. Häutige Gebilde, welche flüssige Stoffe durch sich hindurch gehen lassen, ohne in ihrer Continuität gestört zu sein, nennt man permeabel und hat man unter Permeabilität jenen Molecularzustand zu verstehen, welchen ich eben beschrieben habe und welcher auf Molecularinterstitien beruht — die Annahme einer Porosität solcher Membrane im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist nicht gerechtfertigt und muss aufgegeben werden. Holzkohlen, gebrannter Thon, Bimstein sind porös, nicht aber die permeablen Membranen.

Am einfachsten studirt man diese Erscheinungen an einer Glasröhre, deren eine Oeffnung mit einer permeablen Membran verschlossen ist, welche darauf zum Theil mit einer Salzlösung gefüllt und in ein Gefäss mit Wasser gesetzt oder gehangen wird. Bei allen derartigen Versuchen ist es unbedingt erforderlich, die Flüssigkeiten in der Röhre und in dem Gefässe auf gleiches Niveau zu bringen, beide in hydrostatisches Gleichgewicht zu setzen; ohne diese Vorsicht werden durch hydrostatischen Druck Bewe-

gungen der Flüssigkeiten eintreten, welche man für Resultate der Diffusion hält und dadurch den Versuch unrichtig machen. Früher experimentirte man ausschliesslich mit thierischen Membranen, wie Stücken von Därmen, Harnblasen, serösen Häuten. Abgesehen davon, dass die Diffusion bei ihnen vielleicht wesentlich verschieden ist von der Diffusion durch pflanzliche Membranen, und auch durch den Inhalt der sie bildenden Zellen die Diffusion sich ganz anders zeigen muss wie bei structurlosen Häuten (den Zellenmembranen); so haben sie auch den Nachtheil, dass die Diffusion eine sehr langsame ist und der belehrende Effect weniger augenscheinlich ist.*) Pflanzliche Membranen, wie die Häute aus Hülsenfrüchten (Bohnen, Colutea arborescens), dann dünnes Pergamentpapier eignen sich am besten dazu. Ich habe bei allen meinen Versuchen jene Häute verwendet, welche aus Collodium bei dem Verdunsten des Aethers und Alkohols zurückbleiben; sie haben den Vorzug, dass man sie in grösserer Ausdehnung und beliebiger Dicke darstellen und den Apparaten eine beliebige Form geben kann, sowie dass die Diffusion eine schnellere ist. Derartige Häute stelle ich auf folgende Weise dar: nicht zu dünnes Collodium giesse ich auf eine Glasplatte, vertheile dasselbe durch Hin- und Herbewegen zu gleichmässiger Dicke auf der Platte und wenn das Collodium soweit erhärtet ist, dass es hautförmig zusammenhält, wird die Haut von der Platte abgezogen und in Wasser geworfen, worin sie so lange unter öfterer Erneuerung des Wassers liegen bleibt, bis der letzte Rest des Aethers und Alkohols ausgezogen ist. Lässt man die Collodiumhaut an der Luft vollständig austrocknen, so schrumpft sie stark zusammen und lässt die diffundirenden Stoffe nur äusserst langsam durch sich hindurchgehen.**) Mit einer solchen (nicht ausgetrockneten) Haut, welche man bis zu mehreren Zollen Durchmesser darstellen kann, verschliesst man die eine Oeffnung einer Glasröhre. Derartige Häute kommen den Zellenmembranen der

*) Ein Docent der Physik, um seinen Zuhörern noch in derselben Stunde den Effekt der Diffusionsströmungen zeigen zu können, durchstach die Membran (Darmstück) mit einer feinen Nadel und zeigte dann die von einer Seite der Membran zur andern angeblich diffundirten Stoffe durch Reagenzien.

**) Die zahlreichen Versuche Fick's und Anderer mit vollständig ausgetrockneten Membranen haben aus dieser Ursache keine befriedigenden Resultate gegeben.

Pflanzen sehr nahe; sie sind wie diese structurlos, wenn sie aus einem Gusse dargestellt sind; (giesst man auf die schon abgetrocknete Collodiumschicht eine oder mehrere neue Lagen Collodium, so ist die von der Platte abgezogene Haut nicht structurlos), sie zeigen dasselbe eigenthümliche Diffusionsverhalten wie vegetabilische Häute und bestehen aus Nitrocellulose, während die Zellenmembran Cellulose ist. Ich habe am unten angeführten Orte gezeigt, dass die an diesen Häuten experimentell studirten Diffusionsgesetze unbedenklich auf die Zellenmembranen der Pflanze übertragen werden dürfen.*)

Giesst man in eine mit einer derartigen Membran verschlossene Röhre Salzlösung, am besten Kupfervitriollösung, und setzt dieselbe mit Verhinderung jedes hydrostatischen Druckes in ein Gefäss mit Wasser, so bemerkt man alsbald, dass das schwefelsaure Kupfer in das äussere Gefäss austritt; dass Wasser in die Kupfervitriollösung durch die Membran eintritt, beweisst die Volumzunahme der Lösung in der Röhre. Es finden demnach zwei Bewegungen oder Strömungen statt: eine Strömung der Kupfervitriolmolecüle aus der Röhre durch die Membran in das äussere Wasser und eine Strömung der Wassermolecüle von aussen durch die Membran zu der Kupfervitriollösung in der Röhre. Die Strömungen oder vielmehr die in Bewegung begriffenen Molecüle gehen in den Molecularinterstitien der Membran an einander vorbei, die in der Richtung von oben nach unten sich bewegenden Kupfervitriolmolecüle an den in der Richtung von unten nach oben gehenden Wassermolecülen. Wir haben in diesem Falle also eine Durchdringung der Membran und gleichzeitig eine Diffusion in den Molecularinterstitien. Die Membran nimmt auf der einen Seite Kupfervitriollösung und auf der anderen Seite Wasser auf, deren Molecüle sich in der Membran mischen; die Anziehung des Wassers zu dem Kupfervitriol ist indess stärker wie die Anziehung der Membranmaterie zu den beiden, und deshalb tritt auf der einen Seite Wasser zu dem Kupfervitriol aus, auf der andern Seite Kupfervitriol zum Wasser. Diejenigen Molecüle, welche die Membran verlassen haben, diffundiren auf die gewöhnliche Weise und ungehindert weiter.

Die Strömungen hören erst auf, wenn auf beiden Seiten sich

---

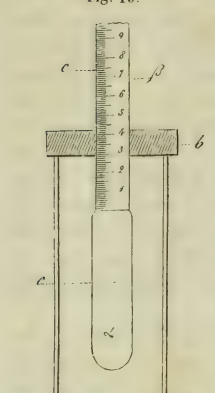
*) Siehe mein Werk: Die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze. Seite 29.

eine Kupfervitriollösung befindet, welche gleiche Procente Kupfervitriol enthält, wenn also in den beiderseitigen Flüssigkeiten chemisches Gleichgewicht, gerade wie bei der gewöhnlichen Diffusion, eingetreten ist. Die meisten gelösten Stoffe verhalten sich dem schwefelsauren Kupfer gleich. Man sieht aus diesem Versuche, dass die permeable Membran diffundirenden Flüssigkeiten, welche durch eine solche von einander getrennt sind, kein Hinderniss in den Weg setzt, ausgenommen, dass die Diffusion selbst verlangsamt wird. Das Endresultat der Diffusion durch Membranen ist ganz dasselbe wie bei der einfachen Diffusion.

Diese Art der Diffusion habe ich Membrandiffusion genannt, man nennt sie in neuester Zeit auch Diosmose, Osmose, und Dutrochet, der erste Beobachter dieser Erscheinungen, gab ihr den Namen Endosmose und Exosmose. Ich werde auch ferner den Namen Membrandiffusion beibehalten und die Dutrochet'schen Bezeichnungen anwenden, um die Richtung der Diffusionsströmung zu bezeichnen: endosmosischer Strom sei derjenige, welcher von aussen in eine theilweise oder ganz geschlossene Membran — in eine mit Membran verschlossene Röhre, in eine Zelle — geht, exosmosischer dagegen jener, welcher aus dem Innern einer Membran (Röhre, Zelle) nach aussen geht. In dem Versuche mit Kupfervitriol bewegten sich also die von aussen in die Röhre eintretenden Wassermolecüle im endosmosischen Strome, die aus der Röhre nach aussen gehenden Kupfervitriolmolecüle im exosmosischen Strome. Diese Bezeichnungen sind, wie man sieht, sehr relativ hinsichtlich der diffundirenden Substanzen und beziehen sich nur auf die Richtungen der in Bewegung befindlichen Molecüle.

Zum Studium der Erscheinungen der Membrandiffusion eignen sich ganz vorzüglich Membrane, welche Röhrenform haben und an eine Glasröhre befestigt sind. Ihre Darstellungsweise ist einfach; man giesst einen Reagircylinder voll Collodium, giesst ihn aus, und vertheilt das an den Wänden haftende Collodium gleichmässig; nachdem das Collodium abgetrocknet ist, zieht man die hautförmige Collodiumröhre heraus. Bei meinen ausgedehnten Versuchen habe ich den Apparat, welchen die nebenstehende Figur 19 versinnlicht, benutzt und hat derselbe sich bei seiner grossen Einfachheit als ganz vorzüglich erwiesen. In den Cylinder a wurde gewöhnlich die specifisch leichtere Flüssigkeit — Wasser — gebracht,

Fig. 19.



das Membranstück der Röhre cc enthielt dann die specifisch schwerere Flüssigkeit — Salzlösung, Zucker-, Eiweiss-, Gummi u. s. w. Lösung —. Noch zu bemerken ist, dass bei Versuchen über Membrandiffusion jede Störung durch hydrostatischen Druck zu beseitigen ist und dass man zu diesem Zwecke, wenn während des Versuches die Flüssigkeit in der Röhre steigt oder fällt, dieselbe so tief wieder in die äussere Flüssigkeit hineinzudrücken oder aus derselben herauszuziehen hat, bis das Niveau der Flüssigkeiten in der Röhre und in dem Cylinder gleich hoch stehen.

Der folgende Versuch nun soll die quantitativen Verhältnisse der endosmosischen und exosmosischen Strömungen bei der Membrandiffusion zur Anschauung bringen.

Zu Anfang des Versuches befanden sich in dem Membranstücke der Röhre 10 CC. (Cubikcentimeter) einer Lösung von salpetersaurem Ammoniak mit 0,880 Gramm wasserfreiem Salz (NH_4O, NO_5), in dem Cylinder 60 CC. destillirtes Wasser. Nachdem der Versuch eine Stunde gedauert hatte, wurde die Lösung in der Röhre auf ihren Gehalt an Salz untersucht.

In der Röhre
zu Anf. des Versuchs: 10 CC. Lösung m. 0,8880 Grm. NH_4O, NO_5.
In der Röhre
nach 1stünd. Diffus.: 10 CC. „ „ 0,1936 „ „ „

Aus der Röhre
ausgetreten . . . . . 0,6944 „ „ „

In diesem Versuche waren sonach 0,6944 Grm. salpetersaures

Fig. 19. Querdurchschnitt des Diffusionsapparates; a, ist ein Glascylinder, cc, die Röhre, deren unteres Stück (α) ein Membrancylinder, das obere Stück (β) eine nach Art der Buretten graduirte Röhre (mit Cubikcentimeter- und Zehntel-Cubikcentimeter-Theilung) ist. b, ist ein Kork, welcher auf dem Rande des Glascylinders ruht und eine Durchbohrung besitzt, in welcher das Glasstück der Röhre steckt und leicht auf und ab bewegt werden kann. Ein Drittel der natürlichen Grösse.

Ammoniak aus der Röhre durch die Molecularinterstien der Membran zum Wasser des Cylinders gegangen. Obgleich die Röhre salpetersaures Ammoniak verloren hatte, war doch das Volum der Flüssigkeit in derselben nicht kleiner geworden; es musste demnach Wasser von aussen in die Röhre eingetreten sein, und zwar dem Volum nach eben so viel, als wasserfreies salpetersaures Ammoniak ausgetreten war. Im endosmosischen Strome bewegten sich hier die Wassermolecüle, im exosmosischen die Salzmolecüle. Hätten wir den Versuch noch einige Stunden länger dauern lassen, so würden Wasser und Salz so lange diffundirt haben, bis ausserhalb und innerhalb der Röhre Gleichgewicht des Salzes eingetreten, bis sich also auf beiden Seiten der Membran eine Salzlösung von 1,27 Proc. befunden haben würde.

Es ist, wie dieser Versuch lehrt, die Diffusion nicht ein Zufliessen der verdünnteren Lösung in toto (oder des verdünnteren Pflanzensaftes) zu der dichteren Lösung (oder dem dichteren Pflanzensafte) — eine Ansicht, die man heute noch häufig genug hört —; auch ist die Diffusion nicht ein Uebertreten der dichteren Lösung zur minder dichten: sondern aus der dichteren Lösung gehen die Molecüle des gelösten Stoffes auf das Wasser der verdünnteren Lösung, gleichzeitig aber auch aus der letzteren Wassermolecüle zu der ersteren.

In dem vorhin angeführten Versuche sind die Volumina Wasser und Salz, welche sich bei der Diffusion in der Membran aneinander vorbei bewegen, gleich; dies ist aber ein seltener Fall; in der Regel nimmt die Salzlösung innerhalb der Membranröhre an Volum zu, d. h. es diffundirt mehr Wasser in die Röhre als Salz aus derselben austritt. Der folgende Versuch wird dies anschaulich machen. Beiläufig sei bemerkt, dass die Säuren sich ebenso verhalten, wie die meisten Salze.

In der Röhre zu Anfang des Versuchs 10 CC einer verdünnten Schwefelsäure, enthaltend 1,35 Grm. wasserfreier Säure (SO_3), in dem Wassergefässe 60 CC. destillirtes Wasser.

In der Röhre			
zu Anfang des Versuchs .	10,0 CC.	Säure mit	1,3489 Grm. SO_3
In der Röhre			
nach 1 stündiger Diffusion .	12,8 CC.	„ „	0,4866 „ „
Volumzunahme in der Röhre	2,8 CC.		
Ausgetreten in das äussere Wasser			0,8623 „ „

Es waren also aus der Flüssigkeit der Röhre durch die Membran zum Wasser im Cylinder 0,8623 Grm. wasserfreier Schwefelsäure diffundirt; das Volum der Flüssigkeit in der Röhre hatte um 2,8 CC. zugenommen. Auf Volum berechnet geben (das specifische Gewicht der SO_3 zu 1,97 angenommen) 0,8623 Grm. SO_3, 0,438 CC. SO_3. Aus der Röhre traten demnach aus 0,438 CC. Schwefelsäure, wofür an Wasser eingetreten ist, erstens ein Volum, welches dem ausgetretenen Schwefelsäure-Volum entspricht, also 0,438 CC., und zweitens 2,8 CC., welche der Volumzunahme in der Röhre entsprechen.

Aus der Röhre ausgetreten . . 0,438 CC. Schwefelsäure (SO_3).
In die Röhre eingetreten . 2,8 CC. + 0,438 CC. = 3,238 CC. Wasser.

In den Molecularinterstitien der Membran gingen an 0,438 CC. SO_3 3,248 CC. Wasser vorbei oder an 1 Säure 7,4 Wasser.

Jolly führte für diejenige Zahl, welche bei der Diffusion wässeriger Lösungen anzeigt, wie viele Theile Wasser an 1 Theil des gelösten Stoffes in den Molecularinterstitien der Membran vorbei gehen, den Namen „endosmotisches Aequivalent" ein; ich habe ihn für dasselbe Verhältniss beibehalten. Bei der Schwefelsäure in dem vorstehenden Versuche haben wir also ein endosmosisches Aequivalent von 7,4 gefunden; bei dem salpetersauren Ammoniak des ersten Versuches ein solches von 1, denn an 1 Volum des Salzes ging ein gleiches Volum Wasser vorbei.

Wie diese interessanten Erscheinungen zu Stande kommen, hoffe ich in der folgenden Erörterung zur Anschauung zu bringen.

Die Anziehung der Membrane zu den Molecülen der mit der Membran in Verbindung stehenden Flüssigkeit, bewirkt, dass sich auf beiden Seiten die Molecüle in die Molecularinterstitien hineinbewegen und die Membran durchdringen. Auf der einen Seite der Membran treten die Wassermolecüle aus den Interstitien aus, von der andern Seite rücken jedoch immer neue vor, welche von dem Wasser aus zwischen den Molecülen der Membran hindurch gehen. Die Durchdringung der Molecüle eines festen Körpers ist, wie früher gezeigt wurde, nicht verschieden von der Durchdringung zweier Flüssigkeiten; während bei flüssigen Stoffen die Anziehung bewirkt, dass die Molecüle des einen Stoffes zwischen die Molecüle des anderen sich bewegen und zwischen denselben sich verbreiten, so ist auch hier die Anziehung der Molecüle des festen Körpers die Ursache, dass sich die Molecüle der Flüssigkeit zwischen jenen ver-

breiten. Je stärker aber die Anziehung ist, um so schneller geht die Durchdringung überhaupt, also auch die Durchdringung des festen Körpers von Statten. Werden die Molecüle zweier durch eine Membran diffundirender Stoffe gleich stark angezogen, so wandern sie auch gleich schnell durch die Membran, wie z. B. bei salpetersaurem Ammoniak und Wasser; auf der einen Seite der Membran tritt Salz, auf der andern Seite tritt Wasser aus; weil beide Stoffe sich aber gleich schnell durch die Membran bewegen, tritt auf der einen Seite eben so viel Wasser aus als auf der andern Seite Salz. Wo aber die diffundirenden Stoffe von der Membran ungleich angezogen werden, da wird sich auch in den die Membran passirenden Mengen ein Unterschied zeigen, wie wir dies bei dem Versuche mit Schwefelsäure kennen lernten. Die Schwefelsäure wird von der Membran weniger stark angezogen als das Wasser und deshalb bewegen sich die Schwefelsäuremolecüle langsamer nach der einen Seite durch die Membran als die Wassermolecüle nach der andern Seite durch dieselbe. Der Effect dieser Verschiedenheit in der Schnelligkeit der Bewegungen ist eine Verschiedenheit in der Menge der aus der Membran austretenden Stoffe und eine Volumzunahme auf derjenigen Seite, wo der sich am schnellsten durch die Membran bewegende Stoff austritt.

Wasser bewegt sich schneller durch Membranen wie die meisten andern Stoffe, wie Salze, Säuren, Gummi, Eiweiss u. s. w., bei Collodium- und vegetabilischen Membranen geht Alkohol schneller durch die Membran, als Wasser; bei denselben Membranen verhalten sich die Chloralkalien und die Chlorverbindungen der alkalischen Erden eigenthümlich, bei niedriger Concentration nimmt die Salzlösung an Volum ab, bei einer gewissen Concentration diffundiren diese Salze mit Wasser ohne Volumveränderung, während bei höheren Concentrationen die Volumzunahme sich auf der Seite der Salzlösung zeigt — Verhältnisse, die bis jetzt noch nicht näher ergründet sind.*)

Die Beziehungen der Concentration der Lösungen zur Membrandiffusion.

Lange hat man darüber gestritten, ob die Concentration der Salzlösung von Einfluss auf den Gang der Membrandiffusion sei.

*) Vergleiche mein Werk: Die Diffusion, S. 47.

Jolly glaubte aus seinen Untersuchungen das allgemeine Gesetz ableiten zu können, dass die Menge der in einer Zeiteinheit bei der Membrandiffusion übertretenden Stoffe unter sonst gleichen Verhältnissen der Concentration proportional sei. Durch Ludwig's, Schmidt's und meine Versuche wurde diese Ansicht aber vollständig widerlegt. Weil diese Verhältnisse bei der Nahrungsstoff-Aufnahme eine Rolle mitspielen, muss ich etwas näher darauf eingehen. Die nachfolgenden Versuche mit verdünnter Schwefelsäure sollen darüber Aufschluss geben.

I. In der Röhre 10 CC. verdünnter Säure von 15,4 Proc. SO_3; in dem Cylinder 50 CC. Wasser, der Versuch dauerte ½ Stunde und war die Temperatur während des Versuches 17,5° C.

In der Röhre

zu Anfang des Versuchs . 10,0 CC. verd. S. mit 1,5400 Grm. SO_3.

In der Röhre

nach ½stündiger Diffusion 12,1 CC „ „ „ 0,4840 „ „

Volumzunahme in der Röhre 2,1 CC.

In das äussere Wasser diffundirt . . . . . 1,0560 Grm. SO_3.

II. In der Röhre 10 CC. verdünnter Säure von 7,86 Proc. SO_3 sonst wie oben.

In der Röhre

zu Anfang des Versuchs . 10,0 CC. verd. S. mit 0,7860 Grm. SO_3.

In der Röhre

nach ½stündiger Diffusion 11,2 CC. „ „ „ 0,2340 „ „

Volumzunahme in der Röhre 1,2 CC.

In das äussere Wasser diffundirt . . . . . 0,5508 Grm. SO_3.

Vergleichen wir die zum Wasser diffundirten Mengen SO_3, indem wir die bei 15,4 und 7,86 Proc. zum Wasser diffundirten Mengen SO_3 auf 10 Procent berechnen, so erhalten wir folgende Zahlen:

Es diffundirten zum Wasser bei	Es würden zum Wasser diffundirt sein bei
15,4 Proc. 1,0560 Grm. SO_3.	10 Proc. 0,686 Grm. SO_3.
7,86 „ 0,5508 „ „	10 „ 0,700 „ „

Wie man sieht, verhält sich die Strömung der Schwefelsäure der Concentration proportional, oder vielmehr die Abweichungen sind so unbedeutend, dass sie oft in die Fehler der Methode fallen. Aber bei niedrigeren Concentrationen zeigt sich eine bemerkbare Ab-

nahme der Schnelligkeit des Schwefelsäurestromes, so dass die zum Wasser übergetretene Schwefelsäure bedeutend geringer ist als 0,700 Gr. unter den Verhältnissen des vorstehenden Versuches. Die Sache ist bei allen andern Stoffen eben so, d. h. bei höheren Concentrationen ist die zum Wasser diffundirte Schwefelsäuremenge der Concentration nahezu proportional; bei niedriger Concentration nimmt sie in einem grösseren Verhältniss wie die Concentration ab; nur in dem Hervortreten der Abweichung sind die Stoffe etwas verschieden, da sie bei dem einen bei höherer, bei dem anderen Stoffe bei niedrigerer Concentration auffallend hervortritt. Bei der Schwefelsäure würde die Bemerkbarkeit der Abweichung bei 1 Proc. sichtbar werden, wenigstens unter den Verhältnissen und bei der Membran des vorigen Versuches.

Am auffallendsten verändert sich das endosmosische Aequivalent bei der Verschiedenheit der Concentration.

Im Versuche I. diffundirten zum Wasser 1,056 Grm. oder 0,536 CC. SO_3; zur Schwefelsäure diffundirten 0,536 CC. + 2,1 CC. = 2,636 CC. Wasser.

Im Versuche II. diffundirten zum Wasser 0,552 Grm. oder 280 CC. SO_3; zur Schwefelsäure diffundirten 0,280 CC. + 1,2 CC. = 1,480 CC. Wasser.

Bei I. gingen in der Membran an 0,536 SO_3 2,636 Wasser oder an 1 Säure 4,9 Wasser vorbei.

Bei II. gingen in der Membran an 0,280 CC. SO_3 1,480 CC. Wasser oder an 1 Säure 5,3 Wasser vorbei.

Das endosmosische Aequivalent bei 15,4 Proc. ist = 4,9.

„ „ „ „ 7,86 „ „ = 5,3.

Hieraus geht hervor, dass, wenn die Concentration abnimmt, das endosmosische Aequivalent zunimmt; und auf diese Art verhalten sich alle Stoffe, die der Schwefelsäure sich bei der Diffusion mit Wasser gleich verhalten, deren Lösung also an Volum zunimmt.

Diese interessante Erscheinung beruht auf dem Umstande, dass in den Molecularinterstitien der Membran bei geringerer Concentration der mit der Membran in Berührung stehenden Lösung auch eine geringer concentrirte Lösung, also mehr Wasser und weniger Säure, enthalten ist, als wenn mit der Membran eine höher concentrirte Lösung in Berührung steht. Wenn nun aber in den Molecularinterstitien bei niedrigerer Concentration mehr Wasser enthalten ist, als bei höherer, so muss bei jener auch mehr Wasser in einer

Zeiteinheit durch die Membran zur Salzlösung oder Säure wandern und auf der Seite der Säure austreten. (Man vergleiche darüber a. a. O. Seite 42, wo die Sache eingehender besprochen ist.)

Je mehr die Concentration der Lösung abnimmt um so grösser wird auch das endosmosische Aequivalent; besonders bei Concentrationen unter 1 Proc. wird es auffallend hoch. Eine Versuchsreihe mit Oxalsäure zeigte dieses. Es befanden sich in der Röhre 10 CC. Lösung im Cylinder 60 CC. Wasser.

Concentration der Lösung. Procent	Volumzunahme in der Röhre CC.	Endosmosisches Aquivalent annähernd.
9,9500	2,2	4,5
0,8270	3,5	80
0,0610	4,5	—
0,0200	3,6	—
0,0066	2,3	300—400.

Diejenigen Stoffe, welche sich ohne Volumveränderung mischen, haben auch für alle Concentrationen ein constantes endosmosisches Aequivalent, es ist bei diesen, wie bei salpetersaurem Ammoniak, immer gleich 1. Diejenigen Stoffe hingegen, deren Lösung bei der Diffusion mit Wasser an Volum abnimmt, haben ebenfalls ein veränderliches endosmosisches Aequivalent und zwar nimmt dasselbe mit der Concentration zu — Chlorcalcium, Alkohol —.

Diffusibilität und Durchgangsfähigkeit.

Die gelösten Stoffe sind in ihrem Verhalten bei der Diffusion sehr verschieden. Wie ich früher schon erwähnt habe, diffundirt ein gelöster Stoff um so schneller auf das Lösungsmittel als seine Anziehung zu diesem stärker ist. Bei der Diffusion durch permeable Membranen macht sich die Anziehung ebenfalls geltend. Je grösser die Anziehung des gelösten Stoffes auf der einen Seite der Membran zu dem Wasser auf der anderen Seite ist, um so schneller bewegt sich derselbe auch durch die Membran. In einer Zeiteinheit und unter sonst gleichen Verhältnissen und Mengen geht z. B. von Salpetersäure mehr zum Wasser als von salpetersaurem Ammoniak, weil erstere eine grössere Anziehung zum Wasser besitzt als letzteres; die Salpetersäure ist diffusibler oder durchgangsfähiger wie das salpetersaure Ammoniak. Durch grössere Reihen von Untersuchungen habe ich gefunden, dass die Durchgangsfähigkeit

für die verschiedenen Säuren sich wie in der folgenden Reihe verhält, wenn die Durchgangsfähigkeit von oben nach unten abnimmt.

Chlorwasserstoffsäure
Salpetersäure
Schwefelsäure
Oxalsäure
Essigsäure
Kohlensäure
Phosphorsäure
Kieselsäure.

Bei Salzen mit ein und derselben Base kehrt die vorstehende Reihe wieder, die Chlorverbindungen gehen schneller durch Membranen wie die schwefelsauren Salze u. s. w.

Die Basen, wenn sie mit ein und derselben Säure verbunden sind, geben folgende Reihe, in welcher ebenfalls die Durchgangsfähigkeit von oben nach unten abnimmt,

Ammonium z. B.	Chlorammonium,
Kalium,	Chlorkalium,
Natrium,	Chlornatrium,
Baryum,	Chlorbaryum,
Calcium,	Chlorcalcium.

Im Allgemeinen lässt sich annehmen, dass die löslichen mineralischen Stoffe mehr oder weniger leicht durch permeable Membranen diffundiren (ich spreche hier immer nur von pflanzlichen Membranen und von der Collodiummembran); am schwersten noch diffundiren die phosphorsauren und kieselsauren Verbindungen, welche letztere, nämlich die kieselsauren Salze, in der Membran bei ihrem Durchgange eine Zersetzung zu erleiden scheinen. Von den organischen gehen die krystallisirbaren und ganz flüssigen ebenfalls leicht durch Membranen — Oxalsäure, Essigsäure, Alkohol, lösliche Alkaloide, Zucker u. s. w. —, die nicht krystallisirenden hingegen äusserst schwer — wie Eiweiss, Gummi, Pflanzenschleim, lösliche humussaure Salze —, oder gar nicht — fette Oele und die löslichen Humusstoffe, manche Farbstoffe —. Graham hat die leicht durch Membranen diffundirenden Stoffe Krystalloide, die schwer hindurch diffundirenden — Eiweiss, Gummi z. B. — Colloide genannt,

Gummi und Dextrin, sowie Pflanzenschleim diffundiren leichter durch permeable Membranen wie das Eiweiss und die pectinartigen

Stoffe. Viele Farbstoffe dringen wohl in die Membran ein, verlassen dieselbe aber auf der andern Seite nicht; hängt man z. B. eine mit Wasser gefüllte Collodiumröhre in einen Cylinder mit Lackmustinctur, so färbt sich die Membran blau, auf das Wasser in der Röhre tritt aber nichts über. Die gelösten Humussubstanzen scheinen sich ähnlich zu verhalten. Bringt man eine mit Wasser gefüllte Collodiumröhre in einen mit Wasser verdünnten Brei von Moorerde (aus einem Bruche), so färbt sich die Röhre braun, ein Beweis, dass gelöste braune Humusstoffe in die Molecularinterstitien der Membran eingedrungen sind, indess vermochte ich ein Uebertreten dieser Stoffe in das Wasser der Röhre nicht nachzuweisen. Der zu den Versuchen verwendete Brei reagirte immer stark sauer; es war also die Gegenwart von humusartigen Säuren in dem Breie nicht zu bezweifeln und diese scheinen es auch gewesen zu sein, welche die Membran durchdrungen und braungefärbt haben; das Wasser in der Röhre zeigte aber niemals saure Reaction. Es ist dieser Gegenstand von äusserster Wichtigkeit für die Nahrungsstoff-Aufnahme, denn noch immer ist der Streit nicht entschieden, ob humusartige Stoffe in die Pflanze einzudringen vermögen oder nicht. Für die Säuren scheint es nach unserem Versuche nicht wahrscheinlich zu sein; ob aber die Säuren in Verbindung mit Basen durchgangsfähig genug sind, um die Membran der Wurzelzellen zu durchdringen, muss ich dahingestellt sein lassen, manche Versuche sprechen dafür.

Das endosmosische Aequivalent der Stoffe ist auch sehr verschieden; es lassen sich in dieser Beziehung die verschiedenen Stoffe mit einander vergleichen, wenn man sie bei gleichem Procentgehalte und unter sonst gleichen Verhältnissen und Mengen untersucht. Viele Säuren und Salze habe ich bei 10% untersucht. Das endosmosische Aequivalent der Säuren, bei 10% wasserfreier Säure untersucht, nimmt in der vorstehenden Säurenreihe von oben nach unten zu; Chlorwasserstoffsäure hat das niedrigste, Phosphorsäure das höchste endosmosische Aequivalent, und ebenso verhalten sich auch die Säuren, wenn sie mit ein und derselben Base verbunden sind, z. B. eine Reihe Kalisalze —; die Chlorverbindungen scheinen hiervon eine Ausnahme zu machen, die, wie ich früher schon bemerkt habe, in ihrem endosmosischen Aequivalent unter verschiedener Concentration sich sehr abweichend von den anderen Salzen verhalten. Von den Basen hat das Ammonium das niedrigste endos-

mosische Aequivalent, das des Kali's ist grösser, und wird von dem des Natrons übertroffen; es zeigt sich dieses, wenn man die verschiedenen Basen, mit ein und derselben Säure verbunden, bei gleichem Procentgehalte untersucht. Auffallend ist es, dass die Säuren ein weit grösseres endosmosisches Aequivalent besitzen, als wenn sie an Basen gebunden sind; so hat Salpetersäure ein ziemlich bedeutendes endosmosisches Aequivalent, salpetersaures Kali ein weit geringeres und bei dem salpetersauren Ammoniak ist es am niedrigsten, nämlich = 1. Wie die Salpetersäure verhalten sich auch die anderen Säuren.

Von den organischen Stoffen verhalten sich die Säuren ähnlich wie die Mineralsäuren, auch in Verbindung mit Basen; der Zucker hat ein ziemlich bedeutendes endosmosisches Aequivalent; das der schleimigen Kohlenhydrate ist aber weit bedeutender; das des Eiweisses ist sehr hoch.

Von ganz besonderem Interesse für unseren Gegenstand ist das Diffusionsverhalten des Eiweisses, weil dasselbe im Processe der Nahrungsstoff-Aufnahme eine hervorragende Rolle spielt. Füllt man eine Collodiumröhre mit einer Eiweisslösung an (Hühnereiweiss) und hängt die Membran in Wasser, so dringt viel Wasser in die Röhre zum Eiweiss ein, und das Volum seiner Lösung vergrössert sich auffallend; die geringe Durchgangsfähigkeit des Eiweisses verhindert aber, dass dasselbe in grösserer Menge aus der Membran austritt — man findet bei einem derartigen Versuche nur Spuren desselben in dem äusseren Wasser. Sein endosmosisches Aequivalent ist bedeutend, seine Durchgangsfähigkeit sehr gering. Für Eiweiss, pflanzliches sowohl wie thierisches, und mehr oder weniger auch für Gummi, Dextrin, Pflanzenschleim und die pectinartigen Stoffe kann man annehmen, dass sie dem Gesetze des Gleichgewichts nicht folgen; mögen sie auch das Bestreben haben, sich auszugleichen, bei der Membrandiffusion verhindert sie aber die Membran daran.

Fette Oele sind gegen Wasser indiffusibel; wenn aber das Oel von einer Membran eingeschlossen ist, die anderseits mit einer Salzlösung in Berührung steht, deren Salz sich mit dem Oele verseifen kann, so nimmt das Oel aus der äusseren Salzlösung das Salz auf und und verseift sich mit ihm und die Seife wird auch vielleicht eine geringe Menge Wasser von aussen aufnehmen, der grösste Theil bleibt aber aussen zurück.

Noch eines anderen Momentes der Durchgangsfähigkeit, welche von der Membran selbst aus wirkt, glaube ich hier erwähnen zu müssen, nämlich der Membranwanddicke. Wie in dieser Beziehung die Membran auf die durch sie hindurchgehenden Strömungen wirkt, mögen die folgenden Versuche zeigen.

Im Versuche I. hatte die Collodium-Membranröhre eine Wanddicke von 1 Millimeter, im Versuche II. war die Wand um das drei- bis vierfache dünner. In jeder der beiden Membranröhren befanden sich zu Anfang des Versuchs 10 CC. verdünnte Schwefelsäure mit 1,0038 Grm. wasserfreier Säure (SO_3); in dem Wassergefässe, worin die Röhre während des Versuches hing, in jedem 60 CC. destillirtes Wasser; jeder Versuch dauerte 1 Stunde und war die Temperatur bei beiden Versuchen gleich (20° C.).

	Nach 1stündiger Diffusion diffundirten	
	aus der Röhre nach aussen	von aussen in die Röhre
bei I.	0,305 CC. SO_3	2,605 CC. Wasser
bei II.	0,374 CC. SO_3	2,774 CC. Wasser
Differenz	0,069 CC.	0,169 CC.

Die Differenz der beiden Schwefelsäureströmungen beträgt 22,6 Proc., die der Wasserströmungen nur 6,4 Proc. Wenn man nun bedenkt, dass die Schwefelsäure analytisch genau bestimmt wurde, die Einrichtung meines Diffusionsapparates aber bei dem Ablesen der Höhe der Flüssigkeitsäule in der Röhre Fehler von 0,5—1 CC. nicht ausschliesst, so wird man berechtigt sein aus den beiden Versuchen zu schliessen, dass die Strömung der Schwefelsäure von der Dicke der Membranwand sehr bedeutend beeinflusst wird, dass die Strömung derselben um so schwächer oder langsamer ist, als die Membranwand an Dicke zunimmt, dass hingegen die Strömung des Wassers nur wenig oder gar nicht dadurch alterirt wird. Wie die Schwefelsäure verhalten sich auch die andern gelösten Stoffe.

Durch eine Zellenmembran bewegen sich gelöste Stoffe um so langsamer, als dieselbe dicker ist. Die unveränderte Zellenmembran, wie man sie bei jungen Zellen findet, ist äusserst fein und lässt diffundirende Stoffe durchgehen; durch Ablagerung neuer Zellstoffmassen auf die innere Wand der Membran nimmt dieselbe derart an Dicke zu, dass die Diffusion verlangsamt oder sogar vollständig aufgehoben wird. Bei vielen Zellen tritt durch Veränderung der Molecularbeschaffenheit der abgelagerten Innenschichten eine vollständige

Impermeabilität der Membran ein, wie man dies an allen älteren Holzzellen, an vielen Gefäss- und Bastzellen sieht. Impermeabel sind auch alle diejenigen Zellen, welche an der äusseren Membran mit Cuticulaschichten bedeckt sind, z. B. die Oberhautzellen, welche nach aussen von Cuticula bedeckt und impermeabel, nach dem Innern der Pflanze hin aber cuticulafrei und permeabel sind. Der Cuticula gleich wirkt auch die Korksubstanz.

Die Einwirkung der Temperatur auf die Membrandiffusion.

Der Boden und die Pflanze sind beständigen Temperaturveränderungen unterworfen ; und insofern die Temperatur einen Einfluss auf die Membrandiffusion hat, muss auch die Nahrungsstoff-Aufnahme dadurch afficirt werden. Ich will einen Diffusionsversuch vorausschicken, um die Wirkungen der Wärme zunächst im Experimente zu zeigen.

In der Röhre meines Apparates befand sich bei jedem Versuche eine Oxalsäurelösung von 6,3 Procent $\bar{O}$; in dem Cylinder 60 CC destillirtes Wasser. Der Versuch dauerte 1 Stunde und wurden die Flüssigkeiten bei verschiedener Temperatur untersucht, in jedem einzelnen Versuche aber auf gleicher Temperatur erhalten, indem der Cylinder mit der Röhre in ein Wassergefäss gesetzt wurde, in welchem man das Wasser beständig auf derselben Temperatur erhalten konnte.

Versuch I. Temperatur 13^0 C.

In der Röhre zu Anf. des Versuchs . 10,0 CC. Lös. m. 0,6300 Grm. $\bar{O}$
„ „ „ nach 1 stünd. Diffusion 11,8 CC. „ „ 0,2079 „ „

Zum äusseren Wasser diffundirt . . . . . 0,4221 „ „

Volumzunahme auf 1 Grm. der zum Wasser diffundirten Säure 4,26 CC.

Versuch II. Temperatur 20^0 C.

In der Röhre zu Anf. des Versuchs . 10,0 CC. Lös. m. 0,6300 Grm. $\bar{O}$
„ „ „ nach 1 stünd. Diffusion 12,0 CC. „ „ 0,1896 „ „

Zum äusseren Wasser diffundirt . . . . . 0,4404 „ „

Volumzunahme auf 1 Grm. der zum Wasser diffundirten Säure 4,54 CC.

Versuch III. Temperatur 32° — 33° C.

In der Röhre zu Anf. des Versuchs . 10,0 CC. Lös. m. 0,6300 Grm. $\overline{O}$
„ „ „ nach 1stünd. Diffusion 12,5 CC. „ „ 0,1651 „ „

Zum äusseren Wasser diffundirt . . . . . 0,4649 „ „

Volumzunahme auf 1 Grm. der zum Wasser diffundirten Säure 5,38 CC.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass, wenn die Temperatur der diffundirenden Stoffe steigt, die Durchgangsfähigkeit zunimmt und das endosmosische Aequivalent grösser wird. Bei 32° diffundirten in 1 Stunde 26 Milligramm Oxalsäure mehr zum Wasser als bei 20° und bei dieser Temperatur 18 Milligramm mehr als bei 13°. Je mehr man sich dem Eispunkte naht, um so mehr nimmt die Diffusion an Schnelligkeit ab. Bei nullnahen Temperaturen ist sie bei den meisten Stoffen sehr gering. Wie die Oxalsäure verhalten sich die meisten anderen Stoffe, nur die schleimigen Kohlenhydrate und das Eiweiss machen hiervon eine Ausnahme, wenigstens in Bezug auf das endosmosische Aequivalent, denn wenn auch dasselbe im Allgemeinen mit der Temperatur abnimmt, so ist es doch bei nullnahen Temperaturen nicht ganz unbedeutend. 10 CC von ein und derselben Eiweisslösung, welche sich bei zwei Versuchen in der Röhre meines Apparates befanden, diffundirten mit 60 CC. Wasser in dem Cylinder zwei Stunden lang; in dem ersten Versuche bei einer Temperatur von 19—21° trat in der Röhre eine Volumzunahme von 5,1 CC. ein; in dem zweiten Versuche bei der Temperatur von 0—1° C. (der Apparat stand in schmelzendem Schnee) betrug die Volumzunahme der Eiweisslösung in der Röhre 4,2 CC. Man ersieht daraus, dass die Lebhaftigkeit der Diffusion bei Eiweiss durch die Temperaturabnahme nur wenig alterirt wird.

Vergleicht man die Resultate des vorstehend mitgetheilten Versuches mit Oxalsäure miteinander, so sieht man, dass die Diffusionsgeschwindigkeit nicht in dem Verhältnisse zunimmt, wie die Temperatur. Die Temperaturzunahme war im zweiten Versuche gegenüber dem ersten 7°, im dritten, gegenüber dem zweiten Versuche 13°; in dem zweiten Versuche waren 0,0180 Grm. Oxalsäure mehr zum Wasser gegangen, wie im ersten, im dritten 0,0248 Grm. mehr wie im zweiten; es verhält sich aber

$$7 : 13 = 0{,}018 : x; \quad x = 0{,}0334$$

während für 0,0334 nur 0,0248 gefunden wurden. Es nimmt dem-

nach die Diffusionsgeschwindigkeit in einem niedrigeren Verhältnisse wie die Temperatur zu.

Verfährt man auf dieselbe Weise mit dem endosmosischen Aequivalente, so ergiebt sich, dass dieses in einem stärkeren Verhältnisse zunimmt wie die Temperatur.

Ganz anders scheint sich indess das endosmosische Aequivalent bei den eiweissartigen, überhaupt bei den colloiden Stoffen zu verhalten; bei diesen geht bei höherer Temperatur verhältnissmässig weniger Wasser durch die Membran zur Lösung wie bei niederer Temperatur, d. h. das endosmosische Aequivalent nimmt in einem geringeren Verhältnisse zu wie die Temperatur.

Es sind diese Verhältnisse besonders beachtenswerth, weil sie bei dem Einflusse der Wärme auf die Pflanze eine wesentliche Rolle spielen.

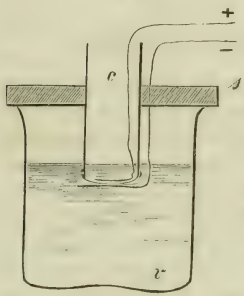
Die Einwirkung der Electricität auf die Membrandiffusion.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass im Boden, in der Ackerkrume, electrische Strömungen entstehen, dass zwischen dem Boden und der Pflanze und der Luft und der Pflanze electrische Strömungen hin und hergehen, von welchen, da auch die Electricität die Diffusion beeinflusst, die Nahrungsstoff-Aufnahme mehr oder weniger alterirt werden kann. Man hatte schon vor vielen Jahren beobachtet, dass wenn zwei Schichten Wasser durch eine thierische permeable Membran von einander getrennt und in beide Schichten die mit den Polen eines galvanischen Apparates in Verbindung stehenden Dräthe eingetaucht sind, das Wasser aus der einen Schicht durch die Membran in die andere übergeht und daselbst sich anhäuft und zwar an dem Drathe, welcher mit dem negativen Pole in Verbindung steht. Bei der Collodiummembran und Wasser so wie bei Salz- und Säurelösungen habe ich ebenfalls diesen Gegenstand untersucht.

Ich füllte eine Glasröhre, deren eines Ende mit einer Collodiummembran verschlossen war, zum Theil mit Wasser an, befestigte dieselbe verschiebbar in der Durchbohrung einer Holzplatte und senkte sie so tief in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss, dass die Niveaus des Wassers in der Röhre und dem Glasgefässe gleich hoch standen. Innerhalb der Röhre ruhte auf der Membran der Deckel eines Platintiegels, an welchem ein aufgebogener Kupfer-

drath angelöthet war. Unterhalb der Membran, an dieselbe angedrückt, befand sich ein starkes Platinblech, an welchem ebenfalls ein Drath angelöthet war. Nebenstehende Figur zeigt den Durchschnitt des Apparates. Die Dräthe gingen zu einem galvanischen Apparate und konnten an den Polen desselben befestigt werden. Mit zwei Kohlen-Zink-Elementen konnte ich ziemlich starke Wirkungen hervorbringen. Als ich nun den Platindeckel in der Röhre mit dem Kohlenpole, das Platinblech unterhalb der Membran mit dem Zinkpole in Verbindung brachte, sank das Wasser in der Röhre tief unter das Niveau des äusseren Wassers (in 10 bis 12 Stunden); es fand also eine Wanderung des Wassers vom Kohlen- zum Zinkpole und am letzteren eine Anhäufung des Wassers Statt. Nachdem die Niveaus in Röhre und Wassergefäss wieder auf gleiche Höhe gebracht worden waren, verband ich den Platindeckel in der Röhre mit dem Zinkpole und das Platinblech unterhalb der Membran mit dem Kohlenpole und nun zeigte sich eine Volumzunahme in der Röhre; also auch hier wieder eine Wanderung des Wassers vom Kohlen- zum Zinkpole und Anhäufung daselbst.

Fig. 20.



Wenn ich in die Röhre und in das Wassergefäss eine Oxalsäurelösung brachte, so trat zwar eine starke Gasentwickelung ein, eine Wanderung der Flüssigkeit war jedoch nicht wahrzunehmen; dennoch mag eine solche wenigstens bei dem Wasser bestanden haben, aber eine Anhäufung des Wassers an dem einen Pole konnte nicht hervortreten, weil eine Verdünnung der Lösung auf der einen Seite auch ein sofortiges Zurückdiffundiren des Wassers der verdünnteren Lösung zur andern Seite veranlassen musste. Befand sich in der Röhre (c) eine Eiweisslösung und wurde der Platindeckel in der Röhre mit dem Zinkpole in Verbindung gesetzt, während das

Fig. 20. Electrischer Diffusionsapparat. r. Becherglas, s. Holzplatte, welche auf dem Rande des Becherglases ruht und in dessen Durchbohrung die Röhre c. verschiebbar steckt. + Drath, welcher vom positiven Pol eines galvanischen Apparates kommt. — Drath vom negativen Pole.

Platinblech unter der Membran an den Kohlenpol ging, so wurde der endosmosische Wasserstrom zur Eiweisslösung beschleunigt; bei umgekehrter Anordnung der Pole wurde der endosmosische Strom des Wassers retardirt.

Die Diffusion der verschiedenartigen Lösungen.

Wir sprachen bis jetzt immer von dem Falle, dass die Lösung eines einzelnen Stoffes mit Wasser diffundirte. In der Natur finden wir derartige einfache Lösungen selten; die Zellflüssigkeit der Pflanze sowie das Bodenwasser sind Lösungen der verschiedenartigsten Stoffe. Complicirte Lösungen diffundiren aber nicht anders wie einfache, jeder einzelne gelöste Stoff diffundirt für sich mit dem Wasser auf der andern Seite der Membran. Brachte ich in die Röhre meines Apparats 10 CC. Lösung mit 0,5 Grm. salpetersaurem Ammoniak und 0,5 Grm. schwefelsaurem Natron, während sich in dem Cylinder 10 CC. Wasser befanden, so war schliesslich in der Röhre 14 CC. und im Cylinder 6 CC. Flüssigkeit und der Procentgehalt an jedem der Salze war in der Röhre so gross wie in dem Cylinder. Das salpetersaure Ammoniak diffundirte mit einfachem endosmosischem Aequivalente also ohne Volumzunahme mit dem äusseren Wasser und das schwefelsaure Natron mit demselben unter Volumzunahme, woher denn auch die Volumzunahme in der Röhre herrührt.

Befindet sich auf der einen Seite der Membran eine Lösung von dem Salze A, auf der anderen Seite eine solche von dem Salze B, so diffundirt das Salz A mit dem Wasser der Lösnng B und das Salz B mit dem Wasser der Lösung A, und bei eingetretenem Gleichgewichte befindet sich sowohl auf der einen wie auf der anderen Seite der Membran eine Lösung, die beide Salze enthält und zwar ist auf der einen Seite der Procentgehalt ebenso wie auf der anderen Seite; ist z. B. dort eine Lösung von 3 Procent A und 5 Procent B, so hat auch die Lösung hier 3 Procent A und 5 Procent B.

Ob in diesem Falle überhaupt eine Volumzunahme eintritt und auf welcher Seite, hängt ganz davon ab, welcher der gelösten Stoffe sich unter grösserem endosmosischem Aequivalente mit Wasser mischt. Befindet sich auf der einen Seite der Membran eine Lösung von salpetersaurem Ammoniak, auf der anderen eine Zucker-

lösung, so wird auf der Seite des Zuckers die Volumzunahme eintreten, weil ersteres ohne Volumzunahme mit Wasser diffundirt, der letztere aber ein bedeutendes endosmosisches Aequivalent hat. Wenn aber auf der einen Seite der Membran Zucker ist, dagegen auf der anderen Seite eine Glaubersalzlösung, so diffundirt unter Volumzunahme der Zucker mit dem Wasser der Glaubersalzlösung und das Glaubersalz unter Volumzunahme mit dem Wasser der Zuckerlösung. Bei gewissen Concentrationen der beiderseitigen Lösungen können sich die einerseits gegen Zucker und andererseits gegen Glaubersalz sich bewegenden Wasserströmungen quantitativ derart verhalten, dass auf keiner Seite eine Volumzunahme eintritt; bei anderen Verhältnissen wird jedoch auf der einen oder anderen Seite eine Volumzunahme eintreten.

Wenn ich in die Röhre meines Apparates 10 CC. Eiweisslösung brachte und in den Cylinder 12 CC. Lösung mit 1,249 Grm. kohlensaurem Kali, so hatte in ½ Stunde die Lösung des kohlensauren Kalis um 0,7 CC. an Volum zugenommen; befand sich aber in der Röhre eine der ersten gleiche Eiweisslösung und im Cylinder 20 CC. Lösung mit 0,8 Grm. Kali, so trat auf der Seite der Eiweisslösung eine Volumzunahme von 0,1 CC. ein; im ersten Versuche also war die Strömung des Wassers aus der Eiweislösung zur Salzlösung stärker als die Wasserströmung aus der Salzlösung zum Eiweiss; im zweiten Versuche verhielt sich die Stärke der Strömungen gerade umgekehrt. In beiden Versuchen diffundirte kohlensaures Kali auf das Wasser der Eiweisslösung.

So lange wie das Eiweiss Wasser in die Röhre mit Volumzunahme eintreten macht, so lange kann das Salz sich nicht zwischen Röhre und Cylinder in Gleichgewicht setzen, da durch die beständige Verdünnung der Flüssigkeit in der Röhre die Concentration der Eiweiss-Salzlösung daselbst niedriger ist als ausserhalb; befindet sich in diesem Falle ausserhalb der Membran wenig Flüssigkeit, so kann die ganze Menge derselben in die Röhre zur Eiweisslösung übergeführt werden und natürlich auch alles Salz — kurz die Eiweisslösung saugt alles äussere Wasser in die Röhre ein und das Salz diffundirt ebenfalls in die Röhre. Man hat sich die Sache aber nicht so vorzustellen, als wenn die ausserhalb der Röhre befindliche Salzlösung in toto zur Eiweisslösung übertrete; es zieht vielmehr das Eiweiss das Wasser der Salzlösung an und führt dasselbe in die Röhre ein, und das Salz der äusseren Lösung dif-

fundirt zu dem Wasser der Eiweisslösung; diffundirt nun mehr Wasser gegen das Eiweiss in die Röhre, als gegen das Salz aus der Röhre, so nimmt das Volum der Eiweisslösung zu und die in der Eiweisslösung sich bildende Salzlösung nimmt beständig an Concentration ab, wodurch der Eintritt neuer Mengen Salz aus der äusseren concentrirteren Lösung in die Röhre herbeigeführt wird.

Bringt man eine möglichst concentrirte Eiweisslösung, etwa 15 CC., in eine Membranröhre und setzt sie mit 6—10 CC. einer verdünnten Salzlösung (in einer Concentration, die eine bedeutendere Volumzunahme auf Seiten der Eiweisslösung zulässt) in Berührung, so führt die Eiweisslösung alles Wasser und das Wasser der Eiweisslösung alles Salz von aussen in die Röhre. Die Röhre saugt die ganze Menge der Lösung auf und verhält sich in dieser Beziehung der Pflanze gleich, welche in einer geringen Menge Wasser oder sehr verdünnter Salzlösung vegitirt, wie etwa im Boden. Am besten noch lassen sich diese Verhältnisse an einem Apparate studiren, welcher mit einem Theile der Membran Wasser verdunstet, während der andere Theil Wasser u. s. w. durch Diffusion aufnimmt, wovon ich später sprechen werde.

Befinden sich auf jeder Seite der Membran Lösungen, die mehrere gelöste Stoffe enthalten, so gleicht sich die Concentration zwischen den beiderseitigen Lösungen ebenso gut aus, als wenn jede Lösung nur einen Stoff aufgelöst enthält, vorausgesetzt, dass alle Stoffe diffusibel genug sind, um sich in's Gleichgewicht setzen zu können.

Die Störung des Gleichgewicht.

Das Endresultat der Diffusion verschiedenartiger wässeriger Lösungen ist der Gleichgewichtszustand der gelösten Stoffe und des Wassers, d. h. die gleiche Vertheilung der gelösten Stoffe auf das Lösungsmittel, mögen nun die diffundirenden Flüssigkeiten eine Masse bilden oder durch eine permeable Membran von einander getrennt sein. Bei eingetretenem Gleichgewichte ruhen die Molecüle der diffundirenden Stoffe. Das Gleichgewicht kann aber durch die verschiedensten Ursachen gestört werden, und eine solche Störung hat eine sofortige ausgleichende Diffusionsströmung nach dem Orte der Störung zur Folge. Wir wollen uns dieses an einem concreten Falle klar machen.

Befindet sich in einem Cylinder eine Lösung von Oxalsäure und in dieser Lösung eine Membranröhre mit Wasser, so diffundirt die Oxalsäure von aussen auf das Wasser in der Röhre, und zwar so lange, bis ausserhalb und innerhalb der Röhre Gleichgewicht eingetreten ist. Bringe ich, wenn dieses eingetreten, wenn also ausserhalb und innerhalb der Röhre eine gleichprocentige Oxalsäurelösung sich befindet, in die Röhre etwas Kalkwasser oder besser ein Stückchen gebrannten Kalk, so verbindet sich die Oxalsäure mit dem Kalk und wird als unlöslicher oxalsaurer Kalk aus der Lösung abgeschieden. Durch diese Ausfällung der Oxalsäure wird die Concentration der Lösung in der Röhre vermindert und weil sich nun ausserhalb der Röhre eine höher concentrirte Oxalsäurelösung befindet, diffundirt von aussen so lange Oxalsäure in die Röhre, bis sich die beiderseitigen Concentrationen wieder ausgeglichen haben, bis auf beiden Seiten wieder von Neuem Gleichgewicht eingetreten ist. So oft nun durch Hinzufügen von Kalk das Gleichgewicht gestört wird, so oft wird auch die äussere Oxalsäure ausgleichend wirken. Auf diese Weise ist es möglich, alle Oxalsäure aus der äusseren Lösung in die Röhre einzuführen und dort zur Abscheidung zu bringen; das Wasser bleibt ausserhalb der Membran zurück und gegen die in die Röhre hinein diffundirende Oxalsäure diffundirt ein grösseres Volum Wasser zurück, so dass, wenn alle Oxalsäure in der Röhre ausgeschieden wurde, das Volum des Wassers ausserhalb bedeutend zugenommen hat.

Würde man in diesem Versuche in die Röhre Chlorcalciumlösung und in den Cylinder eine Lösung von oxalsaurem Ammoniak bringen, so diffundirt das oxalsaure Ammoniak in die Röhre, zersetzt sich mit dem Chlorcalcium zu Chlorammonium und oxalsaurem Kalke, welcher letzterer unlöslich ausgeschieden wird; so lange wie Oxalsäure durch Kalk gefällt wird, so lange kann innerhalb der Röhre kein Gleichgewicht eintreten und deshalb diffundirt beständig oxalsaures Ammoniak in die Röhre. Das neugebildete Chlorammonium muss aber aus der Röhre nach aussen diffundiren, weil dessen Neubildung eine beständige Concentrationserhöhung in der Röhre in Bezug auf sich selbst herbeiführt und das Streben hat, mit dem Wasser der äusseren Lösung sich in's Gleichgewicht zu setzen. Bei der vollständigen Zersetzung des oxalsauren Ammoniaks wird ausserhalb und innerhalb der Röhre sich nur noch

Chlorammonium in Lösung und alle Oxalsäure, an den Kalk gebunden, in fester Form in der Röhre befinden.

Eine andere Gleichgewichtsstörung wäre die, wenn man auf der einen Seite der Membran die Lösung beständig verdünnt durch öfteres Zugiessen von Wasser in den Cylinder z. B. In diesem Falle wäre natürlich in der Röhre eine concentrirtere Lösung als ausserhalb, und die gelösten Stoffe würden so lange aus der Röhre herausdiffundiren, als diese Verdünnung fortdauert. Die wenig diffusiblen Stoffe — Eiweiss, Pflanzenschleim — werden selbstverständlich keinen Antheil an diesen Vorgängen nehmen, weil sie nur in äusserst geringen Mengen die Membran passiren können.

Diese wenigen Beispiele werden genügen, um das Gesetz der Gleichgewichtsstörung zu verstehen.

Die Diffusion bei geschlossenen Membranen.

Die pflanzliche Zelle ist eine allseitig geschlossene Membran, wir hätten also auch besonders diesen Fall in der Physik im Auge zu halten, da es zu erwarten ist, dass die Diffusionsströmungen sich hier anders verhalten werden, wie bei unsern bisherigen Experimenten, in welchen die Membran eine an der einen Seite offene Röhre darstellt. Wenn man eine Collodiumröhre mit Salzlösung anfüllt und ihre obere Oeffnung zuschnürt, so hat man eine geschlossene Membran, welche den physikalischen Apparat der Pflanzenzelle repräsentirt.

Ist nun in der Röhre ein Salz, welches mit Wasser unter Volumzunahme diffundirt, und hängt man die Röhre derart in Wasser, dass sie ganz untergetaucht ist, so wird das Salz nach aussen diffundiren, ein grösseres Volum Wasser diffundirt aber in die Röhre; der exosmosische Strom ist quantitativ schwächer wie der endosmosische. Die Diffusion besitzt eine solche Kraft, dass der endosmosische Strom mit Gewalt in die Röhre hineindringt, und, wenn deren Membran elastisch ist, dieselbe ausdehnt; wo dieses aber nicht der Fall ist, oder wenn die Membran ihren höchsten Grad von Ausdehnung erreicht hat, da wird die endosmosische Strömung gehemmt sein und weiter kein Wasser mehr in die Röhre eintreten, oder vielmehr es tritt nur ein dem austretenden Salze gleiches Volum Wasser in die Röhre. Dadurch, dass die Membran durch den endosmosischen Strom in Spannung versetzt wird, wirkt

sie drückend auf den Inhalt der Röhre zurück, ein Druck, welcher von innen nach aussen wirkt und nicht nur den exosmosischen Strom verstärkt, sondern auch den Inhalt gleichsam hinauspresst. Befindet sich in der allseitig geschlossenen Membran Eiweiss und ausserhalb Wasser oder eine verdünnte Salzlösung, so wird der Druck in der Membran so stark, dass in grösserer Menge das Eiweiss durch Molecularinterstitien hinausgepresst wird, während, wie der Leser sich erinnert, das Eiweiss nur in sehr geringer Menge durch die Membran austritt, wenn seiner Volumzunahme kein Hinderniss im Wege steht.

Im Leben der Pflanze findet man manche Vorgänge, welche auf solche Druckverhältnisse in der Zelle — in der allseitig geschlossenen Membran — zurückzuführen sind, so der Frühlingssaftstrom in den Gefässen, die Secretion schleimiger Stoffe aus Epitheliumzellen — z. B. bei vielen Pflanzen auf der Narbe — u. s. w. *)

Befindet sich derjenige gelöste Stoff, welcher unter Volumzunahme mit Wasser diffundirt, ausserhalb der allseitig geschlossenen, mit Wasser gefüllten Membran, so diffundirt mehr aus derselben nach aussen, als von aussen in die Membran, das Flüssigkeitsvolum in derselben nimmt ab, sie fällt zusammen, collabirt. Ganz dasselbe wird eintreten, wenn in der Membran und ausserhalb sich Lösungen befinden, deren Diffusion eine Volumzunahme ausserhalb hervorruft.

Die Absorption der Gase durch Membranen.

Die Pflanze nimmt vermittelst ihrer Blätter gasige Stoffe aus ihrer Umgebung auf; wie ich später zeigen werde, sind die eigentlich aufnehmenden Organe Zellen, deren Membran nur mit dem Gase in Berührung kommt.

Der physikalische Process, welcher dieser Gasaufnahme zu Grunde liegt, ist die absorbirende Eigenschaft des Wassers. Bringt man Wasser, z. B. unter einer Glasglocke in eine Atmosphäre, die Ammoniakgas enthält, so absorbirt es grosse Mengen dieses Gases; auf dieselbe Weise verhält sich das Wasser den meisten anderen Gasen gegenüber. Wasser, welches an der Luft gestanden hat,

*) Vergleiche mein Werk „Die Diffusion“ Seite 135 (Secretion) und Seite 138 (Frühlingssaftstrom in den Gefässen).

enthält immer Kohlensäure, Sauerstoff- und Stickstoffgas, welche durch Kochen des Wassers ausgetrieben werden können. Das Wasser vermag aber von dem einen Gase mehr aufzunehmen als von dem anderen; so nimmt es

von Ammoniakgas das 300fache seines Volums,
von Kohlensäure das gleiche Volum,
von Sauerstoffgas 0,037 seines Volums,
von Stickstoffgas 0,018 seines Volums

auf. Auch die Temperatur ist von Einfluss auf die Menge des Gases, welche das Wasser aufnimmt, so absorbirt es von Kohlensäure bei 15° C. ein gleiches, bei 4° C. jedoch 1,5 Volum; überhaupt ist die vom Wasser absorbirte Gasmenge um so grösser, als die Temperatur der Flüssigkeit niedriger ist.

Wenn das Wasser oder eine Salz- oder Eiweisslösung und dergleichen von einer permeablen Membran umschlossen ist, so nimmt die Flüssigkeit ebensowohl aus der die Membran umgebenden Atmosphäre Gase auf. Man überzeugt sich hiervon leicht, wenn man ein kleines weithalsiges Pulverglas mit Wasser bis zum Ueberlaufen füllt und die Oeffnung mit einer Collodiummembran verbindet, so aber dass die Membran ohne Luftblasen die Flüssigkeit deckt. Setzt man dieses Glas nun unter eine Glasglocke, in deren Atmosphäre einiges Ammoniakgas verbreitet ist, so wird man sich nach einiger Zeit von der Gegenwart des Ammoniaks in dem Wasser des Glases überzeugen können. Legt man in das Wasser des Glases ein blaues Lakmuspapier und bringt das Glas, nachdem die Membran darauf gebunden ist, in eine Atmosphäre von Kohlensäure, so wird man nach einigen Tagen gewöhnlich an der Rothfärbung des Lakmusstreifens die Gegenwart der Kohlensäure in dem Wasser des Glases erkennen können.

Die Absorption des Gases in diesem Falle ist sehr einfach. Die Molecularinterstitien der Membran sind mit Wasser gefüllt; dieses Wasser nun nimmt die Gase auf und durch Diffusion werden sie aus dem in den Molecularinterstitien der Membran enthaltenen Wasser auf die übrige Wassermasse weitergeführt. Dieses beständige Fortdiffundiren des Gases aus dem Wasser der Molecularinterstitien ist die Ursache, dass es sich daselbst nicht mit Gas sättigt und eine weitere Absorbition unmöglich wird; ohne das Weiterdiffundiren würde sehr bald die Gasabsorption aufhören, und das Wasser in dem Glase frei von Gas bleiben.

Auf dieselbe Weise verhält sich auch die pflanzliche Zelle; die Membran nimmt das Gas auf und durch Diffusion wird es auf den Zelleninhalt übergeführt.

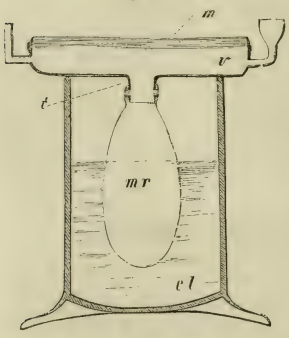
Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff, Ammoniak und gasförmiges kohlensaures Ammoniak, sowie auch vielleicht Schwefelwasserstoff- und Phosphorwasserstoffgas sind diejenigen Gase, welche bei der Ernährung der Pflanze zur Verwendung kommen. Kohlensäure und Ammoniak, sowie auch das kohlensaure Ammoniak werden sehr energisch von dem Wasser und von mit Wasser oder Salzlösungen gefüllten Membranen — von Zellen — absorbirt; es ist dies aber auch um so nöthiger, als diese Stoffe grade in geringster Menge der Pflanze von Seiten der Atmosphäre geboten sind. Ob Schwefelwasserstoff- und Phosphorwasserstoff von der Pflanze durch die Blätter unter gewöhnlichen Verhältnissen aufgenommen werden, ist nicht bekannt; jedenfalls darf man dieses aber annehmen, wenn die Atmosphäre sie der Pflanze bietet, denn auch sie werden von Flüssigkeiten durch Membranen sehr energisch aufgenommen und dieser Absorption wird sich die Pflanzenzelle nicht zu entziehen vermögen. Man hat auch davon gesprochen, dass die Pflanzenzelle (die Blätter) Wasserdampf aufnehmen könne; das ist aber eine physicalische Unmöglichkeit, denn das in den Molecularinterstitien enthaltene Wasser verdunstet selbst, und die Interstitien vermögen also gar kein Wassergas zu absorbiren.

Verdunstung durch permeable Membrane.

Wenn eine allseitig geschlossene, mit irgend einer Lösung gefüllte Membran sich in der atmosphärischen Luft befindet, so verdunsten Wasser und andere flüchtige Stoffe aus ihr fort, die nicht flüchtigen bleiben in ihr zurück. Es ist dieser Vorgang gar kein anderer, als wenn Wasser in freier Oberfläche mit der Luft in Berührung kommt: die Wassermolecüle in den oberflächlichsten Molecularinterstitien der Membran nehmen Dampfform an, gehen aus denselben fort und werden von innenher wieder ersetzt. Umschliesst die Membran eine Lösung, so tritt diese in die Molecularinterstitien ein, dass Wasser verdunstet und die dadurch concentrirter gewordene Lösung gleicht sich mit der minder concentrirten Lösung in der Röhre wieder aus; es geht also eine Strömung des gelösten Stoffes aus den Molecularinterstitien der Membran nach der Lösung

in der Membranröhre, eine Wasserströmung aus der Lösung in der Membranröhre in die Molecularinterstitien der Membran. Die Verdunstungsgeschwindigkeit ist verschieden. Ich untersuchte dieselbe, indem ich aus einem eigens dazu construirten Apparate bei derselben Membran, derselben Temperatur, bei möglichst gleichem hydrostatischen und Luftdrucke und bei gleicher Versuchsdauer die verdunstenden Wassermengen bestimmte. Im Allgemeinen fand ich, dass die Verdunstungsgeschwindigkeit der Lösungen ein und desselben Stoffes um so grösser wird, als die Lösung niedriger concentrirt ist, d. h. unter den angegebenen Bedingungen verdunstet eine um so grössere Menge Wasser, als die Lösung mehr Wasser enthält. Lässt man aus einer Membranröhre, in welcher das verdunstende Wasser nicht ersetzt wird, Wasser fortdunsten, so nimmt die Verdunstungsschnelligkeit um so mehr ab, je länger die Verdunstung dauert, d. h. je concentrirter die Lösung wird.

Fig. 21.



In dem nebenstehenden Apparate ist das Gefäss (v) und die Membranröhre (mr) mit einer Salzlösung gefüllt; die Membranröhre reicht in die in einem Cylinder befindliche Lösung hinein und nimmt Wasser auf, während die Membran (m) Wasser verdunstet.

1) Enthält nun Verdunstungsgefäss und Cylinder eine gleichconcentrirte Salzlösung, so verdunstet aus der Membran (m) das Wasser fort, die Lösung in der Membranröhre wird concentrirter und nimmt Wasser von aussen aus dem Cylinder auf, durch den Wasserverlust der Lösung in dem Cylinder wird diese auch concen-

Fig. 21. Verdunstungsapparat im Vertical-Durchschnitt: v. ein Gefäss von verzinntem Eisenblech, an dessen Röhre t. eine Membranröhre mr. befestigt ist, oben ist v. offen und mit einer Collodiummembran zugebunden; der trichterförmige Ansatz mündet in das Verdunstungsgefäss und dient zur Füllung des Apparates, der andere Ansatz, ebenfalls in's Gefäss mündend, dient zum Ausströmen der Luft während des Füllens, beide werden nach der Füllung mit kleinen Korken geschlossen. Das Verdunstungsgefäss ruht auf einem Cylinder cl. so, das die Membranröhre in denselben hinabhängt. 1/2 der natürl. Gr.

trirter und es diffundirt in Folge dessen ebenfalls Salz in die Membranröhre hinein. Auf diese Weise kann die sämmtliche im Cylinder befindliche Lösung in die Röhre eintreten.

2) Anders verhält sich aber die Sache, wenn soviel Wasser wie durch die Membran (m) verdunstet, der Lösung im Cylinder zugesetzt wird, wie dies durch ein Tropfglas am besten erreicht wird. Dabei muss die Lösung im Cylinder durch Hin- und Herbewegen der Membranröhre mit dem zufliessenden Wasser häufig gleichmässig gemischt werden, weil die Diffusion nicht so schnell eine gleichmässige Vertheilung des Wassers herbeiführt, wie nothwendig ist. Verdunsten nun viele Grammen Wasser aus dem Apparate, so bleiben die Lösungen im Cylinder und im Gefässe, wenn sie bei Beginn des Versuchs gleich concentrirt waren, unverändert; war zu Anfang des Versuches im Verdunstungsgefäss und Cylinder eine Kochsalzlösung von 10 Procent, so ist auch nach mehreren Tagen keine Veränderung in der beiderseitigen Concentration eingetreten, oder vielmehr die Concentration in dem Gefässe ist constant während des ganzen Versuchs um ein Geringes höher als ausserhalb. Aus der Lösung des Cylinders geht ein beständiger Wasserstrom durch die Membran der Röhre und durch das Gefäss zur Membran m, wo das Wasser verdunstet, Salz wird aber dabei nicht in das Gefäss eingeführt, oder mit anderen Worten: der durch den permeablen Apparat gehende Verdunstungsstrom des Wassers führt kein Salz mit aus der Lösung des Cylinders ein, oder der durch die Verdunstung veranlasste Wasserstrom reisst kein Salz mit sich in die Membranröhre fort.

3) Wird das Verdunstungsgefäss mit einer Eiweisslösung gefüllt, welche in 100 CC. 1 Gramm kohlensaures Kali enthält, während in dem Cylinder eine Lösung von kohlensaurem Kali von gleicher Stärke sich befindet (in 100 CC. 1 Grm.); wird die Membranröhre dabei nur soweit in die Lösung des Cylinders eingesenkt, dass die Membran nicht in allzu grosse Spannung während des Versuchs geräth; und wird das durch die Membran (m) verdunstende Wasser der Lösung im Cylinder ersetzt: so wird auch hier nur eine Wasserströmung aus dem Cylinder durch die permeable Membran der Röhre zu der Membran (m) gehen, die beiderseitigen Lösungen bleiben in Bezug auf kohlensaures Kali nahezu gleich concentrirt. Auch hier führt die starke Diffusionsströmung des Wassers kein kohlensaures Kali

mit in die Membranröhre ein. Wird aber das durch die Membran (m) verdunstende Wasser nicht ersetzt, so ist sehr bald die äussere Lösung in das Verdunstungsgefäss eingeführt und nimmt alsdann im letzteren die Concentration zu, weil das Wasser fortdunstet und das Salz innerhalb des Apparates zurückbleibt.

4) Bringt man in den permeablen Apparat eine Eiweisslösung, und in den Cylinder eine 1procentige Lösung von kohlensaurem Kali und lässt soviel Wasser in den Cylinder eintreten, als durch m. verdunstet, so wird man ebenfalls nach einigen Tagen in Bezug auf kohlensaures Kali in dem permeablen Apparate und im Cylinder gleich concentrirte Lösungen finden; das Eiweiss macht Wasser von aussen eintreten, welches durch m. wieder verdunstet, das kohlensaure Kali diffundirt aus der äusseren Lösung im Cylinder auf das Wasser der Eiweisslösung und zwar so lange bis sich aussen und innen die Concentration in's Gleichgewicht gesetzt hat.

5) Ersetzt man das fortdunstende Wasser nicht, so diffundirt das Salz ebenfalls in die Röhre, man wird aber finden, dass, wenn man den Versuch unterbricht, ehe alle Lösung aus dem Cylinder in das Verdunstungsgefäss eingetreten ist, die Menge des verdunstenden Wassers und die in den Apparat hineindiffundirte Salzmenge nicht in einem solchen Verhältnisse stehen, wie Wasser und Salz in der äussern Lösung. Es geht daraus hervor, dass Wasser und Salz nicht in dem Verhältnisse in den Apparat eintreten, in welchem sie sich in der äusseren Lösung befinden, dass also die Lösung nicht in toto eintritt; die Ursache des Wassereintrittes in den Apparat ist das Eiweiss und die Verdunstung, die Ursache der Endosmose des Salzes das Gleichgewichtsstreben desselben, d. h. das Streben nach gleicher Vertheilung über die ganze Flüssigkeitsmasse in Apparat und Cylinder. Bringt man in den Cylinder eine Lösung, die mehrere Salze enthält, so sind die Erscheinungen gerade so, wie sie bei einer Lösung mit einem Salze sich ergeben.

Diese Versuche sind für die Physiologie von einer besondern Wichtigkeit; sie sind der Fundamentalbeweis für die Unrichtigkeit der bisherigen Ansicht von der Ueberführung der gelösten Nährstoffe in die Pflanze. Der vorstehende Apparat repräsentirt eine einfache Pflanze, natürlich nur in Bezug auf die Diffusionserscheinungen: eine verdunstende permeable Oberfläche — das Blatt — eine in Flüssigkeit befindliche permeable Membran — die Wurzel —. Die eben berührte Theorie von der Ueberführung der gelösten

Nährstoffe behauptet nun, dass die durch die Verdunstung des Wassers in den Blättern erzeugte Strömung des Wassers aus der die Wurzel umgebenden Flüssigkeit in die Wurzel und durch die Zellen des Pflanzenkörpers zu den Blättern die gelösten Stoffe mit in die Pflanze einführe, gleichsam mit sich von aussen in die Pflanze fortreisse. Wie dem aber ist, zeigen die geschilderten Versuche sehr deutlich. Auch lassen sie erkennen, in welchen Beziehungen die Verdunstung in den Blättern zu der die Wurzel umgebenden Flüssigkeit stehe, dass sie nämlich hauptsächlich nur das Wasser in die Pflanze einführt, dass sie aber auch die Endosmose gelöster Stoffe in die Pflanze veranlasst, wenn durch die Wasserverdunstung die äussere Lösung concentrirt wird (Versuch 5); es ist dann aber nicht die endosmosische durch die Verdunstung erzeugte Wasserströmung, welche die gelösten Stoffe mit in die Pflanze einführt, sondern das Streben der äusseren concentrirteren Lösung sich mit der in der Wurzel befindlichen minder concentrirten Lösung hinsichtlich der Concentration auszugleichen. Man hat vielfach, und in ganz jüngster Zeit selbst Liebig noch, die Verdunstungserscheinungen mit jenen Erscheinungen verglichen, welche in einer Röhre eintreten, die, an beiden Enden mit permeablen Membranen geschlossen, mit einer Eiweisslösung gefüllt ist und mit einem Ende sich in einer Salzlösung befindet, während das andere Ende der Röhre verdunstet. Bei einer solchen Röhre sind die Erscheinungen indess ganz anders wie in den Pflanzen; wenn nämlich aus der Membran am oberen Röhrenende Wasser fortdunstet, so entsteht in der Röhre ein luftleerer Raum, in Folge dessen durch den auf die äussere Flüssigkeit wirkenden atmosphärischen Druck neue Mengen der äusseren Lösung und zwar in toto in die Röhre hineingepresst werden. Den Pflanzenkörper als eine starre Röhre anzusehen, ist aber im höchsten Grade unphysiologisch; Erscheinungen, wie sie in jener Röhre vorkommen, ereignen sich in der Pflanze nicht, da deren Zellen, besonders im Blatte eine solche Collabescenz besitzen, dass durch die Verdunstung des Wassers aus ihnen, wenn es nicht auf eine andere Weise als durch hydrostatischen Druck ersetzt wird, sofort ein Collabiren derselben die Folge sein würde, d. h. eine Zusammenschrumpfung. Mein Apparat entspricht in dieser Beziehung der Pflanze vollständig, da Erscheinungen, die ein Collabiren hervorrufen würden, an der dünnhäutigen und biegsamen Membranröhre (mr) eintreten können; wenn man z. B.

in den Cylinder kein Wasser oder keine Lösung bringt, so verursacht die Verdunstung aus der Membran (m) ein Collabiren der Membranröhre (mr), vorausgesetzt dass das Verdunstungsgefäss vollständig luftdicht und mit concentrirter Eiweisslösung gefüllt ist.

Der falsche und unpassende Vergleich der Pflanze mit einer Röhre mit starren Wänden hat jedenfalls auch die irrige Auffassung von der Einführung gelöster Nährstoffe in die Pflanze herbeigeführt.

Wenn man den permeablen Apparat (Fig. 21) mit einer Lösung eines schwerlöslichen Stoffes füllt und das Wasser durch die Membran (m) und die Membranröhre (mr) verdunsten lässt, so wird bei grösserer Concentrirung des Inhaltes Salz auf der äusseren Fläche der Membran herauskrystallisiren und schliesslich setzen sich auch Krystalle an der innern Fläche der Membran ab.

Brächte man ätherische Oele in den Apparat, so würden dieselben ebenfalls durch die permeablen Membranen verdunsten und wahrscheinlich an der äussern Membranfläche verharzen.

Wir haben hier noch einer Erscheinung, die im Gefolge der Verdunstung des Wassers auftritt zu gedenken, welche im Leben der Pflanze eine äusserst wichtige Rolle spielt.

Schoenbein fand, dass bei jeder Verdunstung salpetrigsaures Ammoniak gebildet wird; verdunstet von einer Glasscheibe Wasser, so bildet es sich ebensowohl, als wenn von einem Stücke Leinen oder einem Stücke Papier Wasser verdunstet. Füllt man den vorstehend beschriebenen Apparat mit Wasser und hängt die Membranröhre in Wasser (natürlich darf nur destillirtes Wasser genommen werden) und lässt den Apparat monatelang Wasser verdunsten, indem man das aus dem Cylinder fortgehende ersetzt, so würde man vielleicht salpetrigsaures Ammoniak in dem Wasser des Apparates nachweisen können, da unzweifelhaft auch bei der Verdunstung durch die Membran (m) jenes Salz erzeugt wird, und von der Oberfläche der Membran in den Apparat hinabdiffundirt. Zu diesem Versuche müssen selbstverständlich die Collodiummembranen vorerst von allem ihnen noch anhaftenden Alkohol und Aether durch Extraction mit Wasser befreit werden.

Die Quellen der pflanzlichen Nahrungsstoffe.

Boden, Luft und Wasser sind die Quellen, aus welchen die Mehrzahl der Gewächse ihre Nahrungsstoffe hernehmen. Eine Ausnahme hiervon machen die Schmarotzergewächse, d. h. Pflanzen, welche mit ihrer Wurzel sich in das nahrungs- oder saftleitende Gewebe anderer Pflanzen einsenken und aus diesen einen Theil ihrer Nahrungsstoffe aufnehmen; Viscum album, der Schmarotzer unserer meisten Obst- und Waldbäume, Orobanche-Arten, welche sich auf den Wurzeln vieler Culturpflanzen festsetzen, häufig z. B. auf dem rothen Klee, so wie die Cuscuta-Arten, welche in das Gewebe des Stengels mancher Culturpflanzen eindringen und dort Nahrungsstoffe aufnehmen, sind allbekannte Schmarotzer. Die Pilze gehören auch vielfach zu den schmarotzenden Gewächsen und finden sich als solche auf und in pflanzlichen und thierischen Organismen — die Brand- und Rostpilze der Pflanzen, die Soorpilze auf der Schleimhaut der Verdauungsorgane bei Thieren und Menschen, die vielen Pilze der Haut und der Haare bei Krankheiten derselben u. s. w. Die meisten schmarotzenden Gewächse nehmen von den Nährpflanzen assimilirte Pflanzennahrung; das Vermögen aus anorganischen Stoffen organische Materien zu bilden, die Hauptthätigkeit des pflanzlichen Lebens, geht ihnen mehr oder weniger ab.

Die Mehrzahl der Gewächse erhebt sich mit einem Theile des Körpers, den Stammorganen nämlich, in die Atmosphäre, während der andere Theil, die Wurzel oder die wurzelähnlichen Organe sich in dem Boden befinden; ihre Nahrungsquellen sind dann Luft und Boden. Andere Pflanzen senken ihre Wurzeln in Wasser, ihre Stammtheile werden aber von der Luft umfluthet und ihre Nah-

rungsquellen sind Luft und Wasser, während wieder andere Wasserpflanzen ihre Wurzeln in den Grund des Gewässers treiben, mit einem Theile der Stammorgane in dem Wasser selbst sich befinden und oft nur allein die Blüthen- und Fruchtorgane in die Luft erheben und aus allen drei Quellen Nahrungsstoffe aufnehmen. Der Pflanzen, welche nur in dem Wasser leben und alle ihre Nahrungsstoffe nur diesem entziehen können, giebt es eine grosse Reihe, seltener sind solche, die allein nur in der Luft leben und mit ihren Nahrungsbedürfnissen nur auf diese angewiesen sind. Zu jenen gehören die meisten Algen und einige Phanerogamen, zu diesen viele tropische Orichideen, Tradescantia albifera u. s. w. Die letzteren, die Luftpflanzen, sind übrigens immer der Erde entsprossen und haben die erste Periode ihrer Vegetation in Verbindung mit dieser gelebt; in dieser Periode nehmen sie jedenfalls in grösserer Menge Nahrungsstoffe mineralischer Natur aus dem Boden auf, die ihnen in ihren späteren Vegetationsstadien, nachdem sie durch Vertrocknung und Absterben des unteren Theiles des Stengels von dem Boden getrennt wurden, zu gute kommen.

Aus der Luft nehmen die Pflanzen hauptsächlich gasförmige Stoffe auf, doch können ihr aus dieser auch mineralische Stoffe, wenn solche sich in derselben befinden, und Wasser zugeführt werden. Die aus der Luft schöpfenden aufnehmenden Organe sind die Blätter und alle Stammtheile, welche Spaltöffnungen besitzen, so wie bei niedrig organisirten Pflanzen die ganze der Luft ausgesetzte Oberfläche. Die Luftwurzeln tropischer Gewächse scheinen, wie ich später darzuthun versuchen werde, nur der Aufnahme tropfbarflüssiger Stoffe zu dienen.

Der Boden liefert den Pflanzen zumeist mineralische Stoffe und Wasser; aber auch die gasförmigen Stoffe, welche in der Luft des Bodens enthalten und in dem Wasser desselben gelöst sind, treten von hier aus in die Pflanze ein. Aus dem Boden entnimmt die Pflanze vermittelst der Wurzeln ihre Nahrung und nur ausnahmsweise scheinen unterirdische Stengelgebilde diese Function mit zu übernehmen.

Wenn ich von Wasser als einer Quelle pflanzlicher Nahrungsstoffe spreche, so verstehe ich darunter immer solches, welches sich in freier tropfbar-flüssiger Form befindet, also Gewässer, Flüsse, Seen u. s. w., nicht aber das im Boden enthaltene oder gar capillarisch gebundene Wasser, die Bodenlösung, welche als Be-

standtheil des Bodens zu betrachten ist. Das Wasser in unserem Sinne kann den Pflanzen alle Nahrungsstoffe, mineralische sowohl als gasige, liefern; dieselben sind im Wasser aber in gelöster Form enthalten und treten in dieser in die Pflanzen ein. Alle aufnehmenden Organe, wenn sie sich im Wasser befinden, nehmen auf ein und dieselbe Weise die Nahrungsstoffe auf, nämlich in flüssiger Form.

Wir hätten nun die Nahrstoffquellen, insofern sie direkt oder indirekt zur Ernährung der Pflanze beitragen, etwas näher zu besprechen, doch werde ich flüchtig über die chemische Constitution derselben, welche allgemein ja bekannt ist, hinweggehen.

Die Atmosphäre.

Die Lufthülle, welche unsere Erde umgiebt, ist ihren Bestandtheilen nach aus Stickstoff- und Sauerstoffgas zusammengesetzt und zwar aus 23 Gewichtstheilen Sauerstoff- und 77 Theilen Stickstoffgas oder in 100 Volum aus 20,9 Volum Sauerstoff- und 79,1 Volum Stickstoffgas; Stoffe, welche aber nicht in chemisch gebundener Form, wie Sauerstoff und Stickstoff in der Salpetersäure, sondern beide indifferent neben einander vorkommen.

Von anderen gasigen Stoffen tritt besonders die Kohlensäure hervor; man hat in 10000 Volum Luft 3—5 Volum Kohlensäure gefunden, der Gehalt an Kohlensäure ist jedoch sehr schwankend und besonders bemerkenswerth ist, dass in höheren Luftregionen der Gehalt grösser ist — die beiden Schlagintweit fanden in einer Höhe von 11000 bis 20000 Fuss bis zu 9,5 Vol. in 10000 Vol. Luft. Dieser Unterschied beruht höchst wahrscheinlich in dem Umstande, dass in den unteren Luftschichten die Kohlensäure von der die Erde bedeckenden Vegetation beständig consumirt wird.

Ammoniakgas und zwar in der Form des kohlensauren Ammoniaks findet man überall in der Atmosphäre, wenn auch in sehr verschiedener Menge. Die meisten Untersuchungen haben in 1 Million Gewichtstheilen Luft einen zwischen 0,1—0,3 Theilen schwankenden Gehalt an Ammoniak ergeben. Die Oertlichkeit ist von wesentlichem Einflusse auf die Ammoniakmenge, so hatte man in der Nähe von grossen Städten die Luft immer ammoniakreicher gefunden als entfernter von denselben.

Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff und Phosphorwasser-

stoff sind Gase, welche, wenn auch nicht allgemein, doch einen häufigen Bestandtheil der Atmosphäre bilden und der Pflanze zugänglich sein werden. Ihre Menge, wo sie vorkommen, ist sehr gering und hat man bis jetzt keine Angaben darüber gemacht. Die Luft in der Nähe von Sümpfen und andern stehenden Gewässern, in welchen sich pflanzliche und thierische Reste zersetzen, enthält diese Gase gewiss, besonders wenn sie am Austrocknen sind; so lange wie noch Wasser in denselben enthalten ist, werden sie, wegen ihrer grossen Löslichkeit, schwerlich in die Atmosphäre austreten.

Einer der wichtigsten Bestandtheile der Atmosphäre ist das Wassergas; niemals ist die Luft frei davon. Wenn Wasser der Luft ausgesetzt ist, so verdunstet es und der Wasserdunst wird von der Luft aufgenommen und zwar bis sie damit gesättigt ist, d. h. bis sie kein Wassergas mehr aufzunehmen vermag. Die Menge, welche die Luft aufzunehmen vermag, ist schwankend und abhängig von der Lufttemperatur. So kann ein Kubikmeter Luft bei 35° C. 38 Gramm Wassergas aufnehmen, bei 25° 22,5 Gramm; bei 15° 13 Grm., bei 0° kann sie nur 5,4 Grm. enthalten. Eine Luft, die also bei 5° C. mit 7,3 Grm. Wassergas in 1 Kubikmeter gesättigt ist, wird von ihrer Sättigung noch weit entfernt sein, wenn sie auf eine Temperatur von 20° C. gebracht wird, denn bei dieser Temperatur verlangt sie zur Sättigung 17 Gramm im Kubikmeter. Selten ist in der Natur die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt oder der Sättigung nahe, am häufigsten noch im Winter, zu welcher Zeit sie nur wenig Wassergas aufzunehmen vermag, und im Sommer bei andauernd nasser Witterung bei West- oder Nordwestwind. Bei andauernd trockner und heisser Witterung ist die Atmosphäre arm an Feuchtigkeit. In der Nähe von Meeren und grossen Seen ist die Luft gewöhnlich feucht, weil die beständige Verdunstung des Wassers die Atmosphäre reichlich mit Wassergas versorgt — daher ist das Insular- und Küstenklima stets ein feuchtes.

Ein in jüngster Zeit erst entdeckter Bestandtheil der Atmosphäre ist das Ozon, eine Sauerstoffform, welche die Fähigkeit besitzt, sich sehr leicht mit oxydirbaren Substanzen zu verbinden und deshalb auch vielfach activer Sauerstoff genannt wurde. Die grosse Menge Sauerstoff, welche in der Atmosphäre vorkommt, ist, wie vorhin schon bemerkt, in Beziehung zur chemischen Action indifferent, d. h. sie verbindet sich nur schwer mit oxydirbaren Stoffen;

diesem entgegengesetzt verhält sich also das Ozon. Ebenso gering wie die Menge desselben ist, eben so gross ist aber auch seine Bedeutung für die Pflanzenwelt, überhaupt für das organische Leben.

Der gewöhnliche Sauerstoff der Luft wird durch die verschiedensten Stoffe ozonisirt, d. h. zur chemischen Activität geführt. Befindet sich ein Stück Phosphor an der Luft, so wird der Sauerstoff ozonisirt; das Ozon verbindet sich mit dem Stickstoff zu salpetriger Säure, gleichzeitig wird das in der Luft enthaltene Wassergas zersetzt, dessen Wasserstoff sich mit dem atmosphärischen Stickstoff verbindet und Ammoniak bildet, und salpetrigsaures Ammoniak ist das Produkt der Einwirkung des Phosphors auf die Luft. Die weissen Nebel, welche von in feuchter Luft liegendem Phosphor aufsteigen, bestehen nach den neuesten Untersuchungen von Schoenbein aus jenem salpetrigsauren Ammoniak. In der Atmosphäre ist die Luftelectricität einer der bedeutendsten Ozonbilder und daher kommt es auch, dass die höheren Luftschichten immer reicher an Ozon sind als die der Oberfläche nahen Schichten; indess darf man nicht übersehen, dass auch die Absorption des Ozons an der Oberfläche, dessen Bindung, einen wesentlichen Antheil an dem geringeren Gehalte des Ozons in den unteren Schichten hat. Ausser vielen anderen Stoffen ist noch der ätherischen Oele als Ozonbilder zu erwähnen; unter ihrem Einflusse ozononisirt sich der atmosphärische Sauerstoff, welcher mit ihnen in Berührung steht, und hat diese Ozonbildung in soweit für uns Interesse, als die Pflanzen, welche ätherische Oele secerniren, die Luft in ihrer Umgebung, so weit wie die Dämpfe des Oeles sich in ihr verbreiten, ozonisiren. Von Terpentinöl, Bittermandelöl, Citron-, Pfeffermünz- und Lavendelöl ist eine kräftige ozonisirende Wirkung bereits nachgewiesen; ausser diesen Oelen sollen auch organische Säuren — Weinsteinsäure, Citronsäure, Essigsäure — Ozonbilder sein.

Salpetersäure; salpetersaures Ammoniak. Wer ein paar Jahre zurückdenkt, wird sich des heute ungelöst beigelegten Streites zwischen Mineral- und Stickstofftheorie erinnern. Die Stickstöffler legten in ihren Anschauungen über die Ernährung der Pflanzen einen Hauptwerth auf das Ammoniak und die Salpetersäure, und Alles hatte als Düngstoff für sie die grösste Wichtigkeit, was nur Stickstoff enthielt, ja ein namhafter Agricultur-

chemiker ging sogar so weit, dass er den indifferenten Stickstoff der Luft der Kunst des Chemikers zugänglich gemacht wünschte, um dereinst durch eine atmosphärische Kunstdüngerfabrik den stickstoffhungrigen Landwirthen Dünger liefern zu können. Es war dieser Gedanke nur der Traum eines jungen Geistes; dennoch hat die neueste Wissenschaft uns gezeigt, dass eine solche Bemächtigung des indifferenten atmosphärischen Stickstoffes nicht zu den Unmöglichkeiten gehört, dass die Natur selbst durch einfache Prozesse den Stickstoff in Ammoniak und Salpetersäure verwandelt. Glücklicherweise ist die von der Natur gelehrte Methode der Stickstoffüberführung eine solche, dass sie im Grossen für die Landwirthschaft nicht nutzbar gemacht werden kann; glücklicherweise sage ich, weil die technische Agriculturchemie, die Kunstdüngerfabrikation, sehr leicht das Interesse, welches die Volkswirthschaft an der Erhaltung des atmosphärischen Stickstoffes hat, übersehen könnte und durch Beraubung der Atmosphäre deren Luft für künftige Generationen ungeniessbar machen würde: denn die Organisation des menschlichen und überhaupt des thierischen Körpers würde bei einer anderen Zusammensetzung der Luft in Bezug auf Stickstoff und Sauerstoff schwerlich existiren können und die Zusammensetzung der Atmosphäre müsste sich unfehlbar ändern, wenn der Atmosphäre tausende Jahre hindurch Stickstoff entzogen würde, ohne anderweitig Ersatz dafür zu erhalten.

Dass durch Ozon der Stickstoff der Luft in Salpetersäure übergeführt wird, ist vorhin schon erörtert worden, nun hat jüngsthin Schoenbein nachgewiesen, dass auch Ammoniak und zwar salpetrigsaures aus dem Stickstoff und dem Wassergas der Luft beständig gebildet wird und zwar durch einen der alltäglichsten und allverbreitetsten Vorgänge, durch die Verdunstung des Wassers. Zuerst fand Schoenbein, dass bei der Verdunstung unter hoher Temperatur, über 100° C., Wasser und Luft sich zersetzen und salpetrigsaures Ammoniak bilden. Man kann sich diesen Vorgang unter der folgenden Formel anschaulich machen:

$$2\,N + 3HO = NH_3, NO_3$$

d. h. 3 Aequivalente Wasser zersetzen sich zu 3 Wasserstoff und 3 Sauerstoff, die 3 Wasserstoff verbinden sich mit 1 Stickstoff der Luft zu Ammoniak und die 3 Sauerstoff mit 1 Stickstoff zu salpetriger Säure, während nun noch 1 Aequivalent Wasser in die Verbindung eintritt, bildet sich NH_4O, NO_3 ($= NH_3, NO_3 + HO$) oder salpetrig-

saures Ammoniak. Später fand der genannte Forscher, dass auch bei Verdunstung unter gewöhnlicher Temperatur salpetrigsaures Ammoniak gebildet wird; es wurde z. B. in Papier- oder Leinwandstreifen (frisch gewaschenem Leinzeug), selbst auf matt geschliffenen Glasplatten, aus und von welchen Wasser verdunstete, nachgewiesen. Die Bildung dieses Salzes ist also eine allgemeine; überall wo Wasser verdunstet, bei der Verdunstung aus dem Boden, aus Gewässern, bei der Verbrennung organischer Körper und selbst bei der Verbrennung mineralischer Stoffe (Schwefel, Arsenik, Metalle) bei welchen letzteren das Wassergas der Atmosphäre zersetzt wird, findet die Bildung des salpetrigsauern Ammoniaks statt.

Wahrscheinlich wird ein grosser Theil des salpetrigsauren Ammoniaks durch Ozon in salpetersaures Ammoniak verwandelt und wird als solches in die Pflanze eingeführt. Besonders in dem Boden scheint eine solche Oxydation stattzufinden. Uebrigens könnte salpetrigsaures Ammoniak auch als solches in die Pflanze eintreten und dort zersetzt und assimilirt werden, es ist die Umbildung in salpetersaurs Ammoniak wahrscheinlich nicht einmal nöthig.

Die Menge, in welcher das vorhin besprochene Salz in der Atmosphäre vorkommt ist allerdings sehr unbedeutend, dennoch gross genug um einen wesentlichen Beitrag zur Ernährung der Pflanzen zu liefern.

Salpetersäure in freier Form wird wohl schwerlich in der Atmosphäre vorkommen, da sie, so lange wie Ammoniak zugegen ist, mit diesem in Verbindung treten muss. Salpetersaures und salpetrigsaures Ammoniak wären also als beständige Bestandtheile der Atmosphäre zu betrachten.

Auch Spuren von Jod sind vielfach in der Atmosphäre nachgewiesen worden; in welcher chemischen Form jedoch dies vorhanden ist, weiss man nicht.

Ausser den vorhin beschriebenen Stoffen finden sich in der Atmosphäre noch eine grössere Zahl anderer mineralischer und organischer Substanzen, natürlich in verschwindender Menge. Es sind solche, die durch Luftströmungen von der Erde aufgewirbelt und in die höheren Regionen emporgetragen werden, mit denselben aus einer Gegend zur anderen wandern und in den atmosphärischen Niederschlägen wieder zur Erde zurückgelangen. Luftströmungen, welche über Meere gehen, haben gewöhnlich Meersalztheilchen aufgenommen; eben so gehen die bei Hüttenprocessen frei werdenden

metallischen und metalloiden Dämpfe in die Atmosphäre über, wenn dieses nicht durch gewisse Vorrichtungen verhindert wird; Arsenik, Blei, Zink, Quecksilber u. dgl. sind oft genug Bestandtheile der Atmosphäre in jenen Gegenden, wo dergleichen Stoffe hüttenmännischen Arbeiten unterworfen werden. Besonders erwähnenswerth ist der Gehalt der Atmosphäre an Phosphorsäure-Verbindungen, welcher ein allgemein verbreiteter zu sein scheint. Nach Barral, welcher diesen Stoff zuerst in der Luft nachwies, fallen alljährlich mit den atmosphärischen Niederschlägen 400 Gramm Phosphorsäure per Hectare oder per preuss. Morgen 6,13 Loth nieder. Offenbar ist diese Phosphorsäure (phosphorsaure Salze) als Staub phosphorsäurehaltiger Minerale und als thierische Organismen und pflanzliche Stoffe (Pollen, Sporen), welche letztere Phosphor und Phosphorsäure in ihrer chemischen Zusammensetzung enthalten, in die Atmosphäre gelangt.

Keime (Sporen, Pollen, Eier) von Pflanzen und Thieren, selbst kleine thierische Organismen (Infusorien) führt die Luft beständig mit sich. Wenn auf organischen Stoffen, in gährungsfähigen Flüssigkeiten Pilze entstehen, so entstammen deren Keime der Luft; wo der Luftzutritt gänzlich verhindert ist, finden sich dergleichen Bildungen nicht ein; wenn gährungsfähige Flüssigkeiten mit vollständig gereinigter Luft in Berührung sind, so tritt keine Gährung ein, wie Pasteur und Andere in der jüngsten Zeit zweifellos dargethan haben; Ehrenberg sammelte auf dem Dache der Thierarzneischul-Anatomie in Berlin vor längerer Zeit schon eine grosse Anzahl von Infusorienspecies aus der Luft, indem er vermittelst eines Blasebalges grosse Mengen Luft durch Wasser trieb, und diese die mitgeführten Staubtheilchen und Organismen an das Wasser abgab.

Die meteorischen Processe.

Wie die Pflanze die in der Atmosphäre enthaltenen Stoffe direkt aufnimmt, werde ich später zeigen; da aber auch die meteorischen Processe indirekt zur Ernährung und zur Aufnahme der atmosphärischen Nahrungsstoffe beitragen, so hätten wir dieselben hier kurz zu berühren.

Die Luftströmungen. Die gasigen Stoffe der Atmosphäre diffundiren mit einander, gerade wie Flüssigkeiten; wenn an einem

Orte Kohlensäure aus der Luft verschwindet, etwa durch Pflanzen aufgenommen wird, so haben die Gase ebenfalls ein Streben nach gleicher Vertheilung und die Kohlensäure diffundirt nach dem Orte hin, wo die Atmosphäre ihres Kohlensäuregehaltes durch die Pflanze beraubt wird. Diese Diffusion ist eine sehr langsame, und wäre die Pflanze darauf angewiesen, nur so viel Kohlensäure, Ammoniak u. s. w. aufzunehmen, als die Diffusion an sie heranführt, so würde die Ernährung jedenfalls eine langsame sein. Durch die Luftströmungen wird dies Verhältniss geändert: wenn die Pflanze mit ihren Blättern der Luft, welche sie eben umgiebt, Kohlensäure oder andere Stoffe entzogen hat, so ist im nächsten Augenblicke schon wieder eine Luftmasse in der Umgebung der Blätter, welche eine grössere Menge derselben darbietet. Die Luftströmungen, und sind sie auch noch so langsam, führen beständig neue Luftmassen der Pflanze zu und gleichen dadurch die Trägheit der Gasdiffusion aus. Diese langsame Diffusion der Gase ist auch die Ursache, dass die höheren Luftregionen kohlensäurereicher sind als die unteren, denn während in den letzteren unzählige Blätter die Kohlensäure aufsaugen, diffundirt die Kohlensäure der oberen Luftschichten nicht so schnell herab, als dass eine Ausgleichung zwischen der oberen und unteren Schicht stattfinden könnte. Eben so ist es mit den anderen Stoffen; nur in der Zusammensetzung hinsichtlich des Stickstoff- und Sauerstoffgases tritt keine Veränderung ein; sie sind in grosser Menge in der Luft enthalten und werden durch die Pflanzen fast gar nicht und durch andere Processe nur in verhältnissmässig geringer Menge zum Verschwinden gebracht. Die träge Diffusion hat in Bezug auf die Ernährung der Pflanze das Gute, dass die an der Oberfläche der Erde sich entwickelnden atmosphärischen Nahrungsstoffe nicht sofort in die höheren Luftregionen hinaufdiffundiren und länger mit der Vegetation in Berührung bleiben, deshalb auch leichter aufgenommen werden können. Es gilt dies besonders von der Kohlensäure, welche bei dem Athmungsprocesse der Thiere aus dem Blute austritt, bei Verbrennungsprocessen entwickelt wird u. s. w., so wie von den Ammoniaknitriten (salpetrigsaurem und salpetersaurem Ammoniak), welche durch Verdunstung, durch Verbrennungsprocesse und Erhitzen fester Körper entwickelt werden.

Die in den höheren Luftregionen enthaltenen Stoffe kommen indess auch der Vegetation zu Gute, indem entweder die obere

Luftströmung sich senkt und auf die Oberfläche der Erde gelangt, oder indem diese Stoffe durch den Regen aufgelöst und zur Oberfläche mit herabgeführt werden, worüber wir gleich zu sprechen haben.

Der Regen. In den Wolken befindet sich das Wasser in der Form von Nebelbläschen; in diesen haben sich schon mehr oder weniger die in der Atmosphäre enthaltenen Stoffe aufgehäuft; fällt nun das Wasser als Regen, so löst dasselbe auf dem weiten Wege, welchen es durch die Atmosphäre macht, immer mehr von jenen Stoffen auf. Daher kommt es denn, dass das Regenwasser nicht ganz rein ist und in geringerer oder grösserer Menge die atmosphärischen Bestandtheile gelöst enthält, welche durch dasselbe dem Boden zugeführt werden und von hier aus zur Ernährung der Pflanzen beitragen.

Sauerstoff- und Stickstoffgas werden sich in dem Regenwasser in jenen Verhältnissen befinden, wie überhaupt im Wasser. Kohlensäure enthält das Regenwasser beständig und darf man wohl in 1000 Volum Wasser 0,3—1 Volum annehmen. Von grösserer Bedeutung ist der Ammoniak- und Salpetersäuregehalt des Regenwassers; sie müssen in verhältnissmässig bedeutender Menge darin zugegen sein, weil Wasser dieselben energisch anzieht und der Regen sie bei seinem Durchgange durch die Atmosphäre leicht auflöst. Man hat vielfach die Menge der genannten Stoffe im Regenwasser bestimmt; Lawes fand in 1,000,000 Theilen Wasser 1 Theil Ammoniak, Boussingault im Maximum 0,69, im Minimum 0,06 Th., Bineau 3,1, Barral 2,8—3,3 Th. in 1,000,000. Nach langer Trockenheit enthält das Regenwasser eine grössere Menge; je länger der Regen anhält, um so mehr nimmt der Gehalt an Ammoniak sowie auch an Salpetersäure ab. Wodurch diese Verschiedenheit herbeigeführt wird, ist leicht einzusehen: bei lange anhaltender Trockenheit häufen sich Ammoniak und Salpetersäure in der Atmosphäre an, weil sie derselben, ausser durch die Pflanzen und den Boden in den unteren Regionen, nicht entzogen werden; fällt darauf Regen, so kann dessen Wasser die Stoffe in grösserer Menge auflösen und zur Erde führen; hat der Regen aber einige Zeit gedauert, so ist die Atmosphäre gleichsam ausgewaschen und es kann nur so viel aufgenommen werden, als sich eben gebildet hat. In der Nähe von volkreichen Städten ist, weil der Ammoniakgehalt der Luft, auch der Ammoniakgehalt des Regenwassers bei Weitem

grösser als auf dem Lande, und die grösseren Zahlen, welche Bineau und Barral fanden, beziehen sich eben auf ein solches Regenwasser. In 1,000,000 Theilen Regenwasser fand Bineau 0,3 bis 2,9 Theile Salpetersäure, Boussingault 0,2—6,2, Barral in Paris 14,1—21,8. Hinsichtlich der Mengenverschiedenheit des Vorkommens gilt von der Salpetersäure dasselbe wie von dem Ammoniak, ausserdem ist ihr Gehalt im Regenwasser bei Gewittern oft grösser.

Man sieht aus den vorstehenden Zahlen, dass der Beitrag der Atmosphäre an Stickstoff in Form von Ammoniak und Salpetersäure zur Ernährung der Pflanzen nicht unbedeutend ist. Von den in der Luft vorkommenden festen Stoffen will ich nur der Phosphorsäure als im Regen enthalten erwähnen; ich habe bereits angeführt, dass nach Barral jährlich bei mittlerer Regenhöhe 6,3 Loth Phosphorsäure in Form von Salzen dem preussischen Morgen durch Regen zugeführt werden. Auch Jod und Brom hat man spurenweise im Regenwasser entdeckt.

Schneewasser und Hagelwasser führen dieselben Stoffe wie das Regenwasser, wie es scheint aber in geringerer Menge.

Nebel. Aehnlich wie die Wasserbläschen in den Wolken die in der Atmosphäre enthaltenen Stoffe absorbiren, thut dies auch der Nebel, welcher in den unteren Schichten der Atmosphäre schwebt und zwar scheint in ihm das Ammoniak in reichlicherer Menge enthalten zu sein; Boussingault beobachtete einmal einen Nebel von grosser Ausdehnung, welcher eine auffallende Undurchsichtigkeit besass; das aus ihm abgesetzte Wasser war klar, enthielt aber soviel Ammoniak, dass empfindliches geröthetes Lakmuspapier blau gefärbt wurde.

Der Thau. Wenn die Luft reich an Feuchtigkeit ist und diese durch Berührung mit kälteren Körpern in flüssiger Form aus der Luft ausgeschieden wird und sich auf die Oberfläche der Erde niederschlägt, so gehen auch die in der Luft enthaltenen Stoffe mit in das Thauwasser über und scheint dasselbe gewöhnlich reicher an Ammoniak und Salpetersäure zu sein, als das Regenwasser. Boussingault fand in 1,000,000 Theilen Thauwasser 1,6 bis 6,2 Theile Ammoniak und 0,5 bis 1,2 Th. Salpetersäure. In künstlichem Thaue fand Boussingault zu Paris 10.8 Th. in 1,000,000 Wasser; er erzeugte denselben, indem er das an einer mit Eis gefüllten Glaskugel sich niederschlagende Wasser sammelte.

Menge des Ammoniaks und der Salpetersäure, welche mit den sämmtlichen atmosphärischen Niederschlägen zur Erde niederfallen. Um dieselbe annähernd zu bestimmen, wollen wir von den mittleren Zahlen ausgehen, nämlich in 1,000,000 Theile Wasser aus Regen, Schnee und Thau 0,5 Th. oder in 1 Liter 0,5 Milligramm Ammoniak und 4 Milligramm Salpetersäure. Bei einer mittleren Regenhöhe würden alsdann dem preuss. Morgen Land circa 1,8 Zollpfund Ammoniak mit 1,5 Pfd. Stickstoff und 14 Pfd. Salpetersäure mit 3,6 Pfd. Stickstoff, also durch Ammoniak in Salpetersäure zusammen 5 Pfd. Stickstoff in der Form der genannten Stoffe aus der Atmosphäre durch wässerige Niederschläge zugeführt.

Ausser den Stoffen, welche durch atmosphärische Niederschläge dem Boden zugeführt werden, nimmt der letztere auch durch seine Absorptionsfähigkeit direkt Stoffe aus der Atmosphäre auf, welche weiterhin zu Ernährung der Pflanze beitragen. Bei dem Boden soll dieser Gegenstand zur Sprache kommen.

Das Wasser.

Der Gehalt der Gewässer an pflanzlichen Nahrungsstoffen ist nicht unbeträchtlich und alle Stoffe, welche die Pflanze zu ihrer Entwickelung nöthig hat, finden sich darin. Der Gehalt ist jedoch je nach der Natur des Gewässers sehr verschieden. Wir hätten hier besonders die Meere, Süsswasserseen, Flüsse, stehende Gewässer — Teiche, Gräben — und Sümpfe in's Auge zu fassen.

Sauerstoff- und Stickstoffgas finden sich in einem andern Verhältnisse im Wasser wie in der Atmosphäre, die im Wasser gelöste Luft besteht aus 39,4 O und 65,1 N. Freie Kohlensäure findet man in dem Wasser der Flüsse, Seen u. s. w. immer, wenn auch selten in so grosser Menge wie in dem Brunnenwasser. Im Wasser der Seine fand man in 1000 Kubikcentimeter (CC.) 22,6 CC. Kohlensäure, 21,4 CC. Stickstoffgas und 10,1 CC. Sauerstoffgas; das wären also 2 bis 3 Volumprocent freier Kohlensäure, ein Gehalt, den man wohl für das Wasser der meisten Flüsse annehmen kann; der Kohlensäuregehalt des Meerwassers in den oberen Schichten wird sich ähnlich verhalten. Diese Kohlensäure ist jedoch nicht in gasförmiger Gestalt vorhanden, sondern an kohlensauren Kalk gebunden, wodurch derselbe in Lösung erhalten wird; gasförmige Kohlensäure

kommt nur in geringer Menge in fliessenden und stark bewegten Gewässern vor. In stehenden Gewässern dürfte der Gehalt an freier Kohlensäure wohl höher angenommen werden, weil in ihnen pflanzliche Stoffe in Menge in Zersetzung übergehen und Kohlensäure abgeben.

Der Gehalt an gelösten mineralischen Stoffen ist in den fliessenden Gewässern sehr verschieden; am grössten ist derselbe in der Regel bei Bächen und kleinen Flüssen, die durch ackerbautreibende Gegenden fliessen, bei grösseren Flüssen, welchen die Abflüsse aus grösseren Städten zugeführt werden; in den meisten Flüssen findet man in 1000 Theilen 0,1—0,3 Theile feste Stoffe; darüber hinaus gehen nur wenige Flüsse. Das Quellwasser ist bei weitem reicher an mineralischen Stoffen; wenn dasselbe aber fliessend wird, so hat es bald einen grossen Theil seiner gelösten Stoffe verloren, indem hauptsächlich Kalk, Magnesia und Eisen ausgeschieden werden; diese Stoffe, an Kohlensäure gebunden, sind an sich unlöslich, können aber durch ein zweites Aequivalent Kohlensäure in Lösung versetzt werden; eine solche gelöste Form besitzen sie im Quellwasser; bei dem Fliessen tritt aber Kohlensäure aus dem Wasser aus und die dadurch unlöslich gewordenen kohlensauren Verbindungen werden ausgeschieden. Von allen Stoffen ist der kohlensaure Kalk in vorwiegender Menge im Flusswasser enthalten, ausserdem findet man Alkalien, besonders Natron, meistens an Schwefelsäure und Chlor gebunden, dann Eisenoxyd, Thonerde und Kieselsäure; Magnesia fehlt nie, und häufig finden sich auch Spuren von Mangan und Phosphorsäure; Salpetersäure soll in allen Flusswässern zugegen sein, so wie auch meistens Spuren von Ammoniak gefunden werden. Spuren von Jod, Brom, Lithium und von vielen anderen Stoffen finden sich ebenfalls hier und da. Die Menge, sowie das Vorkommen der einzelnen Stoffe ist abhängig von den Erdschichten, woraus die Quellen des Flusses hervorkommen; so verschiedenartig wie die chemische Zusammensetzung der Erdschichten ist, so verschieden verhält sich auch der Gehalt des Quell- und späteren Flusswassers. Wenn auch gewöhnlich der Gehalt des Flusswassers ziemlich constant ist, so verändert er sich doch zuweilen und besonders dann, wenn nach anhaltendem Regen das von den bebauten Feldern abfliessende Wasser dem Bache oder Flusse zugeführt wird. Das Regenwasser löst auf dem Felde Stoffe auf, unter welchen sich sogar in grösserer Menge

Kali und wohl auch Ammoniak, dann aber auch Salpetersäure also grade die werthvollsten Düngstoffe und Nahrungsstoffe der Pflanze, befinden.

Organische Stoffe sind im Flusswasser nur in äusserst geringer, nicht beachtenswerther Menge zugegen. In grösserer Menge findet man dieselbe in Waldbächen, sowohl in ihrem Laufe durch den Wald als auch in nicht allzu grosser Entfernung ausserhalb desselben; die Quelle dieser Stoffe sind Blätter und andere Pflanzentheile, welche in das Wasser des Baches gelangen und dort zersetzt und anderweitig verändert werden. Die Natur dieser Stoffe ist noch wenig untersucht, doch dürften Quell- und Quellsatzsäure (humusartige Stoffe) den vorwiegenden Bestandtheil derselben bilden.

Das Meerwasser ist reich an mineralischen Stoffen; in dem Wasser der Nordsee hat man 3,44 Procent, in dem des atlantischen Oceans 3,26 Procent gefunden. Der vorwiegende Bestandtheil ist Chlornatrium (25—28 Proc. der Salze insgesammt), Magnesiasalze (1—5 Proc.); ausser diesen hat man Kalk-, Kali- und Eisensalze, sowie Brom, Jod, Kupfer, Silber und andere Metalle gefunden. In den oberen Schichten des Meeres ist der Gehalt von Gasen wie in den Flüssen, in den tieferen Schichten nimmt er aber zu, weil hier von den oberen Wasserschichten ein bedeutender Druck auf das Wasser ausgeübt wird und unter diesen Verhältnissen das Wasser eine grössere Menge Gas aufzunehmen vermag.

Das Wasser kleiner Landseen ist an gelösten mineralischen und organischen Stoffen reicher wie das Flusswasser, um so mehr aber, wenn an dem Grunde des Sees Quellen vorkommen. Den grössten Reichthum an pflanzennährenden Stoffen besitzt unstreitig das Wasser in Sümpfen, Teichen, Gräben, überhaupt in stillstehendem Wasser, in welchem in grösserer Menge Pflanzentheile und Thiere zu Grunde gehen und in Zersetzung übergeführt werden. Besonders auffallend tritt der Reichthum an den wichtigsten pflanzennährenden Stoffen hervor: Phosphorsäure wird in dem Flusswasser selten und zwar dann nur spurenweise gefunden, das in Rede stehende Wasser führt verhältnismässig grosse Mengen davon; auch Kali ist hier immer in grösserer Menge zugegen wie im Flusswasser; dasselbe gilt von Ammoniak, Salpetersäure und Kieselsäure. Liebig fand in dem Wasser eines künstlichen Sumpfes des Münchener botanischen Gartens in 1 Liter Wasser, wenn dasselbe

eingedampft und der Rückstand schwach geglüht wurde, eine Salzmenge von 0,415 Gramm; in 1 Liter Wasser war enthalten:

Kalk (Ca O)	0,145	Gramm
Magnesia (Mg O) . . .	0,051	„
Kali (K O)	0,017	„
Phosphorsäure	0,011	„
Schwefelsäure	0,034	„
Kieselsäure	0,014	„

u. s. w.

Ebenso reich wie an mineralischen Stoffen ist das Sumpf- und Teichwasser an Gasen; freie Kohlensäure ist darin in grösserer Menge vorhanden als in Fluss- und Seewasser. Jedenfalls sind auch Spuren von Phosphor- und Schwefelwasserstoff darin; die am Grunde solcher Gewässer stattfindenden Zersetzungsprocesse organischer Stoffe lassen keinen Zweifel darüber. Kohlenwasserstoffgase sind wohl auch in diesem Wasser enthalten, da dieselben sich aber nur in geringer Menge in Wasser auflösen, kommen sie wenig in Betracht; im schlammigen Grunde der Sümpfe entwickeln sich diese Gase, besonders das sogenannte Sumpfgas, in nicht unbeträchtlicher Menge; in den meisten Sümpfen braucht man den schlammigen Grund nur aufzurühren und Kohlenwasserstoffgas mit Kohlensäure und Stickstoffgas steigt in Blasen auf. Die letztgenannten Gase, Schwefel- und Phosphorwasserstoffgas sowie das Kohlenwasserstoffgas, sind den Pflanzen in grösserer Menge zwar schädlich; in der unbeträchtlichen Menge aber, in welcher sie im Sumpfwasser vorkommen, dienen sie der Pflanze unzweifelhaft als Nahrung, wenigstens lässt sich dies von den beiden ersten sagen; das letztere scheint in der Regel bei seiner geringen Löslichkeit in Wasser ebenfalls unschädlich zu sein, dennoch muss sein Vorkommen in manchen Sümpfen als die Ursache der vollständigen Vegetationslosigkeit angesehen werden — bei sogenanntem „todten Wasser", z. B. wo es, wie ich zu beobachten Gelegenheit hatte, sich in so grosser Menge entwickelt, dass die Luft über dem Wasser stark verunreinigt ist und dadurch jedenfalls tödtend auf die Vegetation wirkt.

Der Grund stehender Gewässer ist ebenfalls reich an pflanzennährenden Stoffen, ganz vorzüglich tritt auch hier der Reichthum an Phosphorsäure, Kali, Salpetersäure und Ammoniak hervor. Dr. Karmroth hat auf der Versuchsstation des rheinpreuss. land-

wirthsch. Vereins zu St. Nicolas verschiedene Proben des ausgegrabenen Schlammes solcher Gewässer untersucht; er fand in beinahe wasserfreier Erde bei

	I.	II.	III.	IV.	V.
	thon. Motterde	sandiger	sandiger		
Kali u. Natron	1,10 Proc.	0,67 Proc.	0,55 Proc.	0,28 Proc.	1,10 Proc.
Bittererde	0,24 -	0,16 -	0,12 -	0,42 -	0,04 -
Phosphorsäure	0,36 -	0,22 -	0,20 -	0,05 -	wenig
Kieselsäure (lösl.)	—	—	—	2,56 -	—

Siegert fand in einem Flussschlamme (A), Peters in einem Teichschlamme (B), bei 100° C. getrocknet, folgende Stoffe in 100 Theilen:

	A.	B.
Organische Stoffe . . .	23,00	12,00
Kalk	0,29	7,40
Bittererde	0,31	0,20
Kali	0,75	0,84
Phosphorsäure	0,21	0,53
Schwefelsäure	0,29	0,22
Stickstoff	0,35	0,60

Letzterer war offenbar in Form von Salpetersäure und Ammoniak vorhanden.

Den Wasserpflanzen, welche ihre Wurzeln in eine so reiche Erde treiben, sind Nahrungsstoffe in Fülle geboten; für den Landwirth hat aber eine solche erst dann Werth, wenn sie herausgegraben und als Dünger dem Acker einverleibt wird — die obigen Zahlen geben den Landwirthen Beweis genug von dem Werthe des Schlammes der Gewässer.

Bewässerung. Schliesslich hätten wir hier noch das Wasser in seinen Beziehungen zum Wiesenbau überhaupt, zur Bewässerung zu betrachten, denn auch hier ist es eine Nahrungsstoffquelle für die bewässerten Pflanzen. Flüsse, Bäche und Quellen dirigirt man auf die Wiesen, der Boden nimmt einen Theil der im Wasser gelösten Stoffe auf, von wo aus sie alsdann zur Ernährung der Pflanzen beitragen. Die Wiesenbewässerung ist schon alt, ist aber in den letzten Jahrzehnten, seit Erfindung der Berieselung, mehr cultivirt worden. Bis jetzt lässt man allgemein das Wasser über die Wiesen weggehen und bedeckt die Vegetation derselben damit; da

dieses Verfahren aber mit manchen Unannehmlichkeiten verbunden ist und ungünstige Folgen für die Vegetation haben kann, hat man die Bewässerung unterirdisch ausgeführt, indem man das Wasser in ein Röhrennetz eintreten lässt, welches sich in der oberen Schicht des Bodens verbreitet — Peterson'sche Bewässerung. — Weniger Gebrauch hat man von der Bewässerung des Ackerbodens gemacht, doch würde auch hier vielleicht eine Röhrenbewässerung mit Erfolg in Anwendung zu bringen sein. Es gilt das Letztgesagte indess nur für einen Theil Europas, denn in manchen Ländern ist die Bewässerung des Ackerbodens nichts Seltenes. In reisbauenden Gegenden, in Italien z. B., sind die Felder von vielen Wassergräben durchzogen, die beständig gefüllt erhalten werden, aus welchen das Wasser über die Felder geführt oder wenigstens durch den Boden aufgesaugt wird; freilich gleicht ein solches Reisfeld mehr einem Moraste als den sanft wogenden Getreidefeldern unserer Fluren. Auch in Japan ist die Ackerbewässerung eine ausgebreitete; die Ackerbeete sind von Gräben eingeschlossen oder durchzogen, in diese leitet man das Wasser, wenn der Boden dessen bedarf.

Wir hätten hier also einen Blick auf die chemische Zusammensetzung der Wässer zu werfen, welche zur Bewässerung benutzt werden. Entweder leitet man Bäche oder Flüsse über die Wiesen oder eine nahe gelegene Quelle. Ueber die Zusammensetzung des Flusswassers ist früher schon gesprochen worden; das Quellwasser ist im allgemeinen reicher an mineralischen Stoffen, doch fällt das Uebergewicht bei diesem wohl immer auf den kohlensauren Kalk und zuweilen gleichzeitig auch auf das gelöste kohlensaure Eisen; die übrigen Stoffe werden weniger davon berührt. Der Landwirth kann hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung drei Arten von Wasser unterscheiden, nämlich kalkreiches oder hartes, in welchem eine grössere Menge kohlensaurer Kalk gelöst ist und das einen frischen reinen Geschmack besitzt, kalkarmes weiches Wasser, dessen Geschmack fade ist, und eisenhaltiges Wasser, welches neben grösseren Mengen Kalk auch kohlensaures Eisen in Lösung enthält. Das harte Wasser, so wie das eisenhaltige findet man meistens in Quellen, wohingegen das Wasser der Flüsse und Bäche kalkarm und weich ist. Dieser Satz erleidet jedoch viele Ausnahmen; so hat man Quellwasser, welches weich ist und worin der Kalk sich mehr an Chlor als an Kohlensäure gebunden findet, worin oft auch ein

grösserer Gehalt von Alkalien zugegen ist. Ausser dem Geschmacke erkennt man das kalkreiche Wasser an der Trübung, welche entsteht, wenn man das Wasser kocht, und an der Ausscheidung eines feinen weissen Pulvers; schon bei längerem Stehen in einem Glase kann man den aus Kalk bestehenden Absatz auf dem Boden und an den Wänden des Glases erkennen. Bei eisenhaltigem Wasser ist dieser Absatz röthlich.

Welche Art des Wassers zur Bewässerung den Vorzug verdient, ist je nach der Beschaffenheit des Bodens verschieden; in einem sauren, humusreichen Boden auf Torf- und Moorwiesen, sowie auf eisenschüssigem Boden ist jedenfalls das harte kalkreiche Wasser vorzuziehen, weil durch den grösseren Kalkgehalt die Säure des Bodens in höherem Grade abgestumpft oder das Eisen unlöslich gemacht wird. Bei gutem Wiesenboden hat das weiche Wasser den Vorzug; eisenreiches Wasser ist gänzlich untauglich, es sei denn, dass der Boden sehr kalkreich ist, auf Kalkboden z. B., aber dann darf nur zur Zeit bewässert werden, wenn die Vegetation noch wenig entwickelt ist, im Anfange des Frühjahres und im Herbste.

Um dem Leser die Verschiedenheit des Gehaltes der Gewässer an mineralischen Stoffen zu zeigen, habe ich in Nachfolgendem einige Analysen zusammengestellt. I ist Quellwasser von Billecul, II von Arçier, III aus den Brunnen von Besançon, IV Seine bei Bercy, V Rhein bei Strassburg.

In 100000 Theilen Wasser sind enthalten Theile

	I	II	III	IV	V
Kieselsäure	2,46	3,90	5,51	2,44	4,88
Thonerde und Eisenoxyd . .	0,43	0,90	0,39	0,30	0,83
Kohlensaur. Natron	—	0,69	—	—	—
- Kalk	25,61	21,39	23,31	16,55	13,56
- Magnesia . . .	0,46	0,78	0,76	0,27	0,50
Chlornatrium	—	0,20	—	1,23	0,20
Chlorkalium	0,71	—	1,99	—	—
Chlormagnesium	0,40	—	6,15	—	—
Schwefelsaur. Natron . . .	—	0,45	—	—	1,35
- Kali	—	—	—	0,50	—
- Kalk	1,00	—	26,60	2,69	1,47
Latus	31,07	28,31	64,11	23,98	22,79

	Transport	31,07	28,31	64,71	23,98	22,79
Salpetersaur.	Natron . . .	1,56	—	12,29	0,94	—
-	Kali	0,44	Spur	5,35	—	0,38
-	Kalk	—	—	—	3,81	—
-	Magnesia . . .	—	—	—	0,52	—
Feste Bestandtheile in Summa		33,07	28,31	86,16	25,44	23,17

I, II und III sind Drainagewasser, welches zum grössten Theile aus Quellen stammt, die in die Röhren abfliessen; IV, V und VI sind Quellwasser und Brunnen und kommen aus Kreidesandstein.

In 100000 Theilen sind enthalten Theile

	I	II	III	IV	V	VI
Phosphorsäure	—	Spur	Spur	—	Spur	—
Kieselsäure	5,2	2,6	1,6	0,8	0,6	1,4
Kohlensaur. Eisenoxydul . .	—	1,0	0,7	—	1,0	—
- Bittererde . .	—	12,6	0,5	6,2	7,5	14,8
- Kalk	41,7	37,5	15,8	10,5	25,5	20,9
Schwefelsaur. Eisenoxydul .	—	3,4	—	—	—	—
- Bittererde . .	34,8	—	8,6	—	—	0,8
- Kalk	69,0	12,6	23,5	16,3	22,4	5,1
- Kali	13,4	15,5	5,4	4,8	4,3	12,9
- Natron . . .	7,1	—	12,9	4,0	2,4	9,5
Chlornatrium	2,2	8,1	1,8	0,3	2,0	5,4
Feste Bestandtheile in Summa	173,4	93,3	70,8	42,9	65,7	70,8

Das Wasser der Havel enthält in 100000 Theilen Kali 0,54, Chlornatrium 3,35, Eisenoxyd Spuren, Kalk 5,33, Magnesia 1,12, Phosphorsäure 0,06, Schwefelsäure 0,72, Kohlensäure 5,06, Kieselsäure Spuren, in Summa 16,18 Theile fester Bestandtheile.

Der Boden.

Die Oberfläche der Erde, soweit sie aus zerfallener Gesteinsmasse, welche meistens mit zerfallener Pflanzenmasse untermischt ist, besteht, ist das, was wir Boden nennen; sie ist es, an deren Vegetation so unzertrennlich das Menschengeschlecht gefesselt, deren plötzliches Verschwinden die Existenz der Pflanzenwelt verkümmern, die Existenz der Thierwelt in Frage stellen würde,

wenigstens wenn wir vom höher organisirten Thierreiche sprechen wollen. Das nackte unzersetzte Gestein trägt zwar auch eine Vegetation, aber dieses Gestein ist nicht als Boden in unserm Sinne zu betrachten, denn jene dunkle Flechtenkruste, welche über den Felsen sich hinzieht, bedarf zu seiner Existenz keiner zerfallenen Gesteinsmasse. Diese Flechten sind es aber, welche das Gestein zuerst angreifen und es der höher organisirten Vegetation zugänglich machen. Sie nehmen Feuchtigkeit auf und halten sie fest; in ihren Zellen entwickeln sich Stoffe, welche zersetzend und lösend auf das Gestein einwirken; sie selbst zersetzen sich und umhüllen das Gestein mit einer Atmosphäre der mächtig, wenn auch langsam zersetzenden Kohlensäure: fest an den Felsen angeschmiegt, man darf wohl sagen, innig mit der Oberfläche des Gesteins verwachsen, bringen sie Feuchtigkeit und lösende Agenzien mit dem Gesteine in fortwährende innigste Berührung. Eine Excursion in's Gebirge giebt uns fast überall Gelegenheit, die mächtige, felserweichende Kraft der unscheinlichen Flechtenkruste vor Augen zu führen. Sehr harte Gesteine (wie im Riesengebirge z. B. das Zobtengestein) sind unter der Flechtenkruste derart erweicht, dass man ihre Rinde mit dem Messer schneiden oder abschaben kann, während das daneben liegende flechtenlose Gestein dem Messer widersteht. Granit, Glimmerschiefer, Gneis und ähnliche Gesteine werden durch Auflösung eines ihrer Bestandtheile, des Feldspats unterhalb der Flechtenkruste in weichen, schneidbaren Kaolin (Porzellanthon) verwandelt. Ist das Gestein einmal von der Flechtenkruste angefressen, so geht seine Verwitterung und Zersetzung immer tiefer; die zerfallene Gesteinsmasse vermischt sich mit zersetzter, zerfallener, aus den absterbenden Pflanzen herrührender organischer Masse; Moose und phanerogame Pflanzen, welche nur einer geringen Menge wurzelumhüllenden Bodens bedürfen, siedeln sich an, und je mehr dem harten Felsen abgerungen wird, um so mehr Pflanzenmasse vermag die Bodenschicht zu erzeugen. Je tiefer die Schicht zerfallener Gesteinsmasse ist, um so massenhafter ist in der Regel auch die Vegetation. Also dann erst, wenn das Gestein in seinen oberflächlichen Schichten zerfallen, zum Theil in Pulver umgewandelt wurde und sich mit zerfallener vegetabilischer Materie untermischt hat, gelangen wir zu dem, was wir Boden zu nennen haben. Bleibt die so zerfallene Gesteinsmasse am Orte ihrer Entstehung, auf dem Muttergestein liegen, so nennt man diese Art des

Vorkommens Primitivboden oder angestammter Boden. Wird die zerfallene Gesteinsmasse aber durch Regenfluthen oder überhaupt durch Wasserfluthen, durch Gletscherthätigkeit u. s. w. fortgeschwemmt oder werden Gesteinsstücke in Wasserfluthen zermalmt und zerrieben und theilweise in Pulver verwandelt und die so zerriebene Masse mit fortgeschwemmt und fortgespült und an anderen Stellen angeschwemmt oder aus dem Wasser abgesetzt, so bildet die angeschwemmte und abgesetzte Gesteinsmasse ebenfalls Boden und zwar den angeschwemmten Boden, welcher weit mehr wie der Primitivboden der Pflanzencultur unterworfen und die günstigste Grundlage der landwirthschaftlichen Pflanzenproduction ist.

Sehen wir von den klimatischen Verhältnissen ab, so ist die Productivität hauptsächlich abhängig von der Zusammensetzung des Bodens und den dadurch bedingten physicalischen und chemischen Eigenschaften desselben. Früher glaubte man allgemein, dass die Kenntniss von der chemischen Zusammensetzung des Bodens für die Pflanzencultur, für die Landwirthschaft von grösstem Nutzen sein würde, und eine Unzahl der ausführlichsten und detaillirtesten chemischen Bodenanalysen lehrten die Zusammensetzung des Bodens kennen. Sie nutzten der Landwirthschafts-Wissenschaft indess sehr wenig, weil durch sie die Vorgänge im Boden, die als Bedingungen des Pflanzenlebens zu betrachten sind, nicht zur Erkenntniss kamen. Was nützt es dem Landwirthe zu wissen, dass sein Boden aus so und so viel Kieselsäure, Thonerde, Kalk, Kali u. s. w. besteht, wenn er dadurch noch nicht einmal über einen unfruchtbar gewordenen Boden Aufschluss erhalten kann. Ich will nur an die Kleefähigkeit des Bodens erinnern; die meisten Bodenarten vermögen nur alle 5 bis 8 Jahre Klee mit Vortheil zu tragen, welche Veränderungen aber im Boden eintreten, die seine Productionskraft hinsichtlich des rothen Klees so herabsetzen, darüber vermochte bis jetzt die chemische Analyse uns keinen Aufschluss zu geben. Hat die Chemie in der oben angedeuteten Beziehung uns bis jetzt auch noch wenig Aufschluss über manche Geheimnisse des Bodens gegeben, so darf ich doch nicht verhehlen, dass sie uns viele Aufschlüsse geben wird, wenn die Analyse von anderen Gesichtspunkten ausgeht und dabei den physicalischen Verhältnissen des Bodens mehr Rechnung getragen wird.

Von grösserem Nutzen ist die Kenntniss der Zusammensetzung

des Bodens hinsichtlich seiner Formbestandtheile. Wenn wir Sandboden in Wasser aufrühren, so trübt sich dieses, und, abgegossen von dem Sande, setzt sich aus ihm eine schlammige, im trocknen Zustande feinpulverige Masse ab, die wir bekanntlich Thon nennen. Dieser Boden ist einfach zusammengesetzt: seine Formbestandtheile sind Sand und Thon. Behandeln wir einen sogenannten Thonboden auf dieselbe Weise, so erhalten wir ebenfalls Thon und Sand, freilich in einem anderen Mischungsverhältnisse; hier ist der Thon vorherrschend, während in dem Sandboden die Sandkörner das Uebergewicht haben. Rührt man Lehmboden in Wasser auf, so schlemmen sich in dem Wasser die feinpulverigen thonigen Theile auf, und runde und eckige Körner bleiben am Boden des Gefässes zurück. Die eckigen Stückchen sind unzersetzte Gesteinstrümmer, während die runden Körner in der Regel das sind, was man im gewöhnlichen Leben Sand zu nennen pflegt. Der Sand besteht gewöhnlich aus Quarz und seine mineralische Natur lässt eine weitere Zersetzung nicht zu; die eckigen Stückchen, der Gruss, sind in der Regel mineralisch zusammengesetzter Natur, sie sind unzerfallene Gesteinstrümmer, die ihrem vollständigen Zerfalle entgegen gehen. Ausser dem Gruss kommen im Boden auch noch grössere Gesteinsfragmente, sowie Gerölle- und Geschiebestücke vor und der cultivirte Boden ist nie frei von unzersetzten, in ihrer Form mehr oder weniger erhaltenen Pflanzenresten; dasselbe gilt auch von jedem anderen mit Vegetation bedeckten Boden. Die Formbestandtheile des Bodens, welche wir vorhin kennen lernten, der Sand, die abschlemmbaren Theile, der Gruss, die grösseren Gesteinsfragmente und die Pflanzenreste, geben uns weit mehr Aufschluss über den Werth und die Leistungsfähigkeit eines Bodens als wie die vollständige chemische Analyse: finden wir z. B. in einem Boden den Sand vorherrschen, so kennen wir damit auch eine grosse Reihe von physicalischen und chemischen Eigenschaften desselben, deren Kenntniss zu einer vortheilhaften Production erforderlich ist und auf welche der Landwirth deshalb ein grosses Gewicht legen muss. Eine noch grössere Einsicht in den Werth des Bodens gewährt uns die Zerlegung des abschlemmbaren Theiles. Glüht man denselben, so verliert er gewöhnlich an Gewicht und dieser Gewichtsverlust entspricht der Menge der ganz zerfallenen, fein vertheilten vegetabilischen Substanz, die wir Humus nennen. Behandelt man den Rückstand mit Salzsäure, so löst diese kohlen-

sauren Kalk in mehr oder weniger grossen Mengen so wie Eisen, vielleicht auch Magnesia auf, in geringerer Menge löst sie viele andere Stoffe auf, von welchen für uns hier die interessantesten Kieselsäure und Thonerde sind, weil sie zur Zusammensetzung eigenthümlicher im Boden vorhanden gewesener Stoffe, der Silicate und Doppelsilicate, gehörten, an welche eine der merkwürdigsten Eigenschaften des Bodes geknüpft ist. Auch der Sand und die Gesteinsfragmente lösen sich zuweilen in Salzsäure auf und zeigen sich aus kohlensaurem Kalke zusammengesetzt.

Die vorhin genannten Stoffe finden sich fast in jedem Boden; sie sind es, die hauptsächlich den Boden bilden, weshalb ich sie auch bodenconstituirende Stoffe genannt habe, denen jedoch noch das Wasser beigezählt werden muss, weil ohne dessen Gegenwart kein Boden vegetationsfähig ist. Je nachdem der eine oder andere der Stoffe vorherrscht, sind seine physicalischen und chemischen Eigenschaften und sein Verhalten gegen die Vegetation verschieden. Zu den bodenconstituirenden Stoffen hätten wir also zu zählen:

Thon, Sand, Gruss, grössere Gesteinsfragmente,
kohlensaurer Kalk in fein vertheilter und körniger Form,
Eisen als Oxyd und Oxydul, sowie zuweilen Magnesia,
Humus und unzersetzte Pflanzenreste.
Silicate und Doppelsilicate und Bodenwasser.

Die Zusammensetzung des Bodens hinsichtlich der eben genannten Stoffe ist von der grössten Wichtigkeit für die Landwirthe, weil die Kenntniss derselben die Möglichkeit gewährt, die Behandlung und Benutzung des Bodens richtig zu leiten. Die Zusammensetzung annähernd kennen zu lernen, ist aber, und selbst für den praktischen Landwirth nicht schwer; es reichen dazu die gesunden Sinne und einige wenige Hülfsmittel aus (Salzsäure und Loupe); hier aber näher darauf einzugehen wäre nicht am Orte, da wir uns hier nur damit insofern zu beschäftigen haben, als die Zusammensetzung die physicalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens bedingt und diese wieder Bedingungen der Pflanzenernährung sind. Und in letzterer Hinsicht nur können wir die einzelnen Stoffe betrachten.

Sprachen wir vorhin von den bodenconstituirenden Stoffen, so bleibt uns jetzt noch eine Reihe von im Boden enthaltenen Stoffen zu besprechen übrig, welche der Pflanze als Nahrung dienen oder doch in die Pflanze eintreten, ohne dass wir Beziehungen zur Er-

nährung kennten, oder auch solche, die sogar auf die Pflanze als Gift wirken. Behandelt man einen Boden mit Wasser oder kohlensäurehaltigem Wasser, so werden diese Stoffe gelöst und aus dem Boden ausgewaschen. Man findet bei dieser Behandlung

Kali, Natron, Ammoniak, Kalk, Magnesia,
Eisenoxyde, Manganoxyde,
Phosphorsäure, Kieselsäure, Schwefelsäure,
Salpetersäure, Chlor und Kohlensäure,
organische Säuren, die vom Humus herstammen;

seltner finden sich

Lithion, Baryt, Strontian, Blei, Kupfer u. s. w.
(Rubidium scheint allgemein verbreitet zu sein)
Brom, Jod, Fluor (scheint ebenfalls allgemein verbreitet zu sein),
organische Säuren, wie Essig-, Buttersäure u. s. w.

Die meisten dieser Stoffe können aus dem Boden in die Pflanze eintreten, vielleicht kommt allen diese Eigenschaft zu; indess scheint doch nur ein kleiner Theil derselben den Pflanzen als Nahrung zu dienen, vorzüglich die erstgenannten. Von den letztgenannten scheint Fluor ganz allgemein in den Pflanzen verbreitet zu sein, obgleich es bis jetzt nur in wenigen Pflanzen und, soviel wie ich weiss, noch gar nicht in den Culturpflanzen nachgewiesen wurde; dasselbe gilt von dem jüngst entdeckten Alkali Rubidium, welches schon in vielen Pflanzen — in Runkelrüben, Tabak, Kaffeebohnen u. s. w. — gefunden worden ist; beide hat man im Boden wegen ihrer jedenfalls sehr geringen Menge noch nicht nachweisen können, doch ist ihre Gegenwart da, wo sie sich in den Pflanzen finden, auch für den Boden nicht zu bezweifeln. In wildwachsenden Pflanzen hat man Jod in verhältnissmässig grosser Menge gefunden — Menyanthes trifoliata (eine Landpflanze), Seegewächse u. a. —; auch Metalle sind zuweilen gewissen Pflanzen eigenthümlich, das Zink dem Galmeyveilchen — Viola lutea — z. B.; in derartigen Fällen scheinen die sonst nicht als pflanzliche Nahrungsstoffe auftretenden Stoffe doch eine Rolle als solche zu spielen.

Die im Boden enthaltenen pflanzlichen Nahrungstoffe sind entweder im Bodenwasser gelöst, oder sie befinden sich in einem eigenthümlichen ungelösten, in Wasser oder kohlensäurehaltigem Wasser leicht lösbaren Zustande: die ersteren, die in Wasser gelösten, sind mit einander zu Salzen verbunden, d. h. die Säuren mit

Basen; die letzteren, die ungelösten, sind oft zu complexen Verbindungen, vorzüglich mit Kieselsäure und Thonerde, zusammengetreten, in welchen sie in reinem Wasser unlöslich oder nur schwer löslich sind. Ueber die Art des Vorkommens dieser Stoffe lässt sich später erst ausführlich sprechen.

Die bodenconstituirenden Stoffe.

Ich habe vorhin schon bemerkt, dass das Mischungsverhältniss der bodenconstituirenden Stoffe den Werth und die Productionsfähigkeit des Bodens bedinge; ich werde deshalb auch nicht zu sehr abschweifen, wenn ich dem Leser die Eigenschaften dieser Stoffe mit kurzen Worten in die Erinnerung zurückrufe; vorerst möchte ich aber der Gestaltung des Bodens aus jenen Stoffen gedenken.

Die Structur des Bodens. In einem Haufwerk oder Accumulat von groben Sandkörnern ist der Raum von dem Sande nur theilweise ausgefüllt; zwischen den Körnern befinden sich freie Räume, die natürlich unter gewöhnlichen Verhältnissen mit Luft erfüllt sind, die aber, sobald wir uns das Sandkörner-Accumulat als Boden denken, eine sehr grosse Bedeutung haben; wir nennen sie alsdann Bodenräume. Bei grobgekörntem Sande treten diese Verhältnisse dem Auge wahrnehmbar hervor, aber mag die Körnung des Sandes auch noch so fein sein, immer bleiben zwischen den Körnern, wenn auch dem Auge unsichtbar, freie Zwischenräume. Ueberhaupt alle pulverförmigen Substanzen zeigen diese Structur, also auch Thon, feinvertheilter Kalk oder Humus oder Eisen u. s. w.

Physicalische Eigenschaften. Sobald wie mit einem Accumulat von Sand oder Thon und dergleichen Wasser in Berührung kommt, wirken die freien Zwischenräume capillarisch, d. h. sie saugen sich voll Wasser und dieses steigt, dem Gesetze der Schwere entgegen, in dem Accumulat auf, wenn dessen unterer Theil nur mit dem Wasser in Berührung ist. Es sind dies dieselben Erscheinungen, welche man an einem feinen Glasröhrchen (Capillar- oder Haarröhrchen) beobachtet, wenn man das eine Ende desselben mit Wasser eben in Berührung bringt; das Wasser steigt in ihm bis zu einer gewissen Höhe. Das Accumulat nimmt um so mehr Wasser auf, als die Körner oder Theilchen desselben kleiner sind, denn es nimmt mit der Grösse der Körner die Grösse der Zwischenräume

ab, die Zahl derselben aber bedeutend zu. Füllt man Stoffe wie Sand oder Thon in eine lange Glasröhre, so steigt das Wasser um so höher in der Erde auf, als die Theilchen oder Körner der Masse kleiner sind. Diese Eigenschaft ist eine Anziehung der Oberfläche der Körner oder Theilchen gegen das Wasser und wird gewöhnlich wasserhaltende Kraft, von mir capillarische Sättigungscapacität genannt.

Ist ein wasserhaltendes Thon- oder Sand- oder dergl. Accumulat der Luft ausgesetzt, so verdunstet allmählig das Wasser wieder aus den Zwischenräumen fort und zwar um so schneller, je grösser die Zwischenräume sind. Diese Erscheinung, gewöhnlich Austrocknungsfähigkeit genannt, ist also ebenso abhängig von der Grösse der Zwischenräume, wie die wasserhaltende Kraft, aber in umgekehrter Weise.

Im feuchten Zustande haben die einzelnen Theilchen oder Körner eines Accumulats mehr oder weniger Anziehung zu einander, wodurch sie zusammengehalten und zu einem Haufen vereinigt werden können, wenn diese Anziehung stark genug ist. Bei grobkörnigen, überhaupt bei sandförmigen Stoffen ist dieser Zusammenhang gering und ein zusammenhängender Haufen bildet sich nicht, wohl aber bei Kalk, Humus, besonders bei Thon, bei welch letzterem aber noch eine eigenthümliche Ursache mitwirkend ist, auf die ich bei Besprechung desselben zurückkommen werde. Auf dieser gegenseitigen Anziehung — Adhäsion — der Theilchen im feuchten Zustande beruht die Zusammenhangsfähigkeit oder Cohärescenz*) des Bodens.

Wie die porösen Körper, so verhalten sich auch Accumulate bodenconstituirender Stoffe gegen gasförmige Stoffe. Bringt man z. B. frisch geglühte Holzkohle in eine mit Wasserdämpfen gesättigte Luft oder in kohlensäurehaltende Luft, so saugt sie Wassergas oder das Kohlensäuregas ein und zwar dem Raume nach weit mehr als sie selbst gross ist, ein zollgrosses Stück Kohle z. B. viele Zolle Kohlensäuregas. Die Kohle hat also die Eigenschaft, die Gase in sich zu verdichten. Wenn ein ausgetrocknetes Thonaccumulat sich in einer mit Wassergas gesättigten Atmosphäre befindet,

*) Nicht zu verwechseln mit Cohärenz der Körper, welche durch eine gegenseitige Anziehung der kleinsten Theilchen der Materie, der Molecüle — Cohäsion — hervorgerufen wird. Bei einem Steine darf man von Cohärenz sprechen, nicht aber bei einem Thonaccumulat oder gar bei Boden.

so saugt dasselbe ein oder absorbirt eine grosse Menge Wassergas, welches auf der Oberfläche der Thontheilchen verdichtet wird; es ist jedes Thontheilchen von einer Hülle verdichteten Wassergases umgeben; ebenso verhalten sich Thon- und dergleichen Accumulate gegen andere Gase. Besonders sind es Kohlensäure, Ammoniak und Wassergas, welche sehr stark absorbirt werden. Die Gasabsorptionsfähigkeit nimmt um so mehr zu, als die Zwischenräume des Accumulates kleiner sind, doch mag auch die chemische Natur des absorbirenden Stoffes auf die Stärke seiner Absorptionsfähigkeit gegen Gase von Einfluss sein.

Der Boden nun ist ein Gemenge der verschiedensten bodenconstituirenden Stoffe; abgesehen von den grösseren Gesteinsfragmenten, enthält derselbe Theile, die hinsichtlich ihrer Grösse sich in allen Stufen von dem Sandkorne bis zu dem feinvertheiltesten Pulver herab finden. Die Grössen der Zwischenräume variiren deshalb sehr je nach dem Vorherrschen des einen oder anderen Formbestandtheiles. Im reinen Sandboden finden sich grosse Zwischenräume, je mehr aber die abschlemmbaren Theile zunehmen, um so kleiner werden die Zwischen- oder Bodenräume.

Auch die ungelösten pflanzlichen Nahrungstoffe, da sie in pulverförmiger Gestalt im Boden vorkommen, nehmen mit Theil an der Structur des Bodens und der Bildung der Zwischenräume. Man kann sich vorstellen, dass diese, wie überhaupt alle feinpulverigen Stoffe, die gröberen Bodentheile umlagern: die Thontheilchen die Sandkörner; die Humus- und die Kalktheilchen sowie die Theilchen der ungelösten pflanzlichen Nahrungsstoffe wieder die Thontheilchen; überall aber finden sich zwischen den Bodentheilchen, mögen sie der einen oder anderen Gruppe der Bodenstoffe angehören, Zwischenräume, die Wasser aufzunehmen vermögen.

Der Thon — kieselsaure Thonerde und in Salzsäure unlösliche Kieselsäure — ist eine aus der Zersetzung feldspatartiger und feldspathaltiger Gesteine hervorgegangene Masse, welche im trocknen Zustande sich fein zerreiben lässt und dann eine feinpulverige Substanz darstellt, dessen Theilchen so fein sind, dass sie sich im Wasser aufschwemmen lassen und von ihm längere Zeit getragen werden, ohne zu Boden zu sinken; manche Thontheilchen sind zwar so fein, dass sie durch Filtrirpapier hindurchgehen, manche lassen sich indess noch unter dem Mikroscope als grössere Partikel erkennen. Vermöge der Kleinheit seiner Theilchen ist die wasser-

haltende Kraft, sowie das Absorptionsvermögen gegen Gase gross, das Austrocknungsvermögen gering. Eine der wichtigsten und für den Landwirth bedeutsamsten Eigenschaften des Thones ist seine eigenthümliche Cohärescenz im feuchten Zusande, seine Plasticität; hat er nämlich eine gewisse Menge Wasser aufgenommen, so werden die einzelnen Thontheilchen klebend und adhäriren an einander, wodurch die Masse zäh, knet- und formbar wird und die Bodenräume mehr oder weniger von einander abgeschlossen werden, d. h. das in dem einen Zwischenraume enthaltene Wasser kann nicht in einen andern eindringen, die Bewegung des Wassers ist gehemmt; Stoffe, die in dem Wasser des einen Raumes gelöst sind, können nicht auf das Wasser eines andern diffundiren. Wenn sich z. B. eine Thonschicht mit Wasser gesättigt hat, und über der Thonschicht befindet sich noch Wasser, so vermag dasselbe nicht das im Thon enthaltene Wasser nach unten zu verdrängen, um seinen Platz einzunehmen, wie dieses nach hydrostatischen Gesetzen gewöhnlich geschieht; man hat diese Eigenschaft Undurchlässigkeit genannt. Das Wasser verdunstet langsam aus ihm und bei dem Austrocknen schwindet sein Volum beträchtlich, wodurch Risse und Sprünge in ihm entstehen. Im ausgetrockneten Zustande bildet er eine feste Masse, die sich wenigstens zwischen den Fingern nicht pulvern lässt. Reinen Thon findet man in der Natur selten und als Boden wohl gar nicht. Bei dem letztgenannten Vorkommen ist er mehr oder weniger mit Sand gemengt, wodurch seine Plasticität sich vermindert, die wasserhaltende Kraft und sein Absorptionsvermögen gegen Gase abnimmt, die Austrocknungsfähigkeit aber zunimmt und das Schwinden beim Austrocknen ein geringeres wird. Eisenoxydul und Eisenoxyd, wohl als Silicate, sind ebenfalls stete Begleiter des Thones und geben ihm seine Farbe.

Sand kommt in sehr verschiedener Körnung vor, von groben Körnern bis zu den feinsten, welche letztere durch Wasser mit dem Thon abgeschlemmt werden; mag er aus Kieselsäure bestehen — Quarzsand — oder aus kohlensaurem Kalke — Kalksand —, so hängen alle seine physicalischen Eigenschaften von der Grösse seiner Körner ab. Im grobkörnigen Sande sind die Zwischenräume grösser, er nimmt deshalb weniger Wasser auf und lässt es schneller wieder verdunsten als der feinkörnige. Das Absorptionsvermögen gegen Gase ist bei dem Sande sehr gering, nur bei dem feinsten

Sande, wie er aber als Boden nicht vorkommt, hat es noch einige Bedeutung. Der Sand im trockenen Zustande besitzt kein Zusammenhangsvermögen und selbst im durchnässten Zustande ist es nur gering. Die Eigenschaften des Sandes bilden also das gerade Gegentheil von den Eigenschaften des Thones.

Der Kalk, welchen wir hier zu betrachten haben, ist stets an Kohlensäure gebunden, und befindet sich in einem solchen Grade von Vertheilung, dass er wie Thon im Wasser aufschwemmbar ist. Die Zwischenräume sind mithin in ihm klein und die wasserhaltende Kraft ist deshalb sehr bedeutend, höher noch als bei dem Thone, unterscheidet sich dadurch aber sehr vortheilhaft von dem Thone, dass sein Zusammenhangsvermögen im feuchten Zustande gering ist. Die Austrocknungsfähigkeit ist nicht bedeutend, die gasabsorbirende Kraft aber stark, wenn er auch dem Thon, selbst dem mit 20 bis 25 Procent Sand untermischten hierin nachsteht. Kalk dem Thone beigemischt, hat die Eigenschaft die Plasticität des letzteren abzuschwächen, wahrscheinlich indem die feinen Kalktheilchen sich um die Thonpartikelchen lagern und die innige Berührung der stark adhärirenden Thontheilchen verhindern.

Humus. Was wir unter Humus oder unter humosen Substanzen verstehen, ist eine im Boden fein vertheilte organische Materie, welche aus dem Zerfall der vegetabilischen Stoffe, besonders der abgestorbenen Pflanzen und Pflanzentheile hervorgegangen ist. Wenn abgestorbene Pflanzentheile sich in einer feuchten warmen Luft befinden, so wird ihre Materie unter Braunfärbung verändert, es bilden sich jene Humussubstanzen, welche den Namen Ulminstoffe führen; bei weiterer Veränderung färbt die Pflanzenmasse sich schwarz und das Zersetzungsproduct heisst Humin; ein weiteres Zersetzungsproduct ist das Gein. Diese Unterschiede haben jedoch für unseren Zweck und für den Landwirth besonders wenig Werth, wir nennen derartige Umwandlungs-Producte der Pflanzenmasse kurzweg Humus, besonders aber dann, wenn die Veränderung so weit fortgeschritten ist, dass die Structur des Pflanzengewebes nicht mehr erkannt werden kann, wenn also die Pflanzenmasse in eine gleichartige pulverige Masse übergegangen ist.

Reiner Humus vermag grosse Mengen Wasser aufzunehmen, bis zu 180 Procent seines Gewichtes, während Thon nur höchstens 70, Kalk höchstens 80 Procent Wasser aufzunehmen vermag. Er

hält das Wasser mit grosser Kraft fest und zieht sich bei dem Austrocknen stark zusammen. Im feuchten Zustande ist jedoch sein Zusammenhangsvermögen unbeträchtlich, wenn auch etwas stärker wie bei Kalk. Gegen Gase verhält er sich ähnlich wie Thon. Der Humus ist schwarz von Farbe und besitzt dadurch ein starkes Wärmeabsorptionsvermögen; er nimmt die Wärme leicht auf, verliert sie indessen auch wieder leicht. Von seinen chemischen Eigenschaften ist besonders seine Bindung des Sauerstoffs bemerkenswerth; wenn er mit atmosphärischer Luft in Berührung ist, so nimmt er Sauerstoff auf und verwandelt sich in Kohlensäure und Wasser und weil bei solchen chemischen Processen Wärme frei wird, muss er als eine Wärmequelle des Bodens betrachtet werden. Bei gehindertem Luftzutritt und bei Gegenwart von Wasser erleidet er eine andere Umwandlung und Zersetzung, er bildet sich nämlich in saure Stoffe um, in humose Säuren. Humin- und Ulminsäure, Quell- und Quellsatzsäure (Mulder's Kren- und Hypokrensäure), die ersteren sind in Wasser unlöslich, die letzteren scheinen aber löslich zu sein; mit Alkalien verbunden sind auch die ersteren löslich.

Eisenoxyd und Eisenoxydul findet sich fast in jedem Boden, theils als Hydrat, theils an Kohlensäure gebunden; auch mit Schwefelsäure, humosen Säuren und Kieselsäure verbunden finden sich dieselben; theils sind sie löslich, theils unlöslich, besonders aber die Oxydulverbindungen zeichnen sich durch ihre Löslichkeit aus. In feuchtem oder nassem Boden, wo der Luftzutritt mangelhaft ist, sowie auch im Untergrunde herrschen die Oxydulverbindungen vor; aber auch selbst in einem Boden, wo hinlänglicher Luftzutritt vorhanden ist, kann Oxydul zugegen sein, weil unter dem Einflusse organischer Substanzen das Eisenoxydhydrat sehr leicht zu Oxydul reducirt wird; selten findet es sich hier aber in grösserer Menge, weil durch die Gegenwart des atmosphärischen Sauerstoffs eine Ueberführung des Oxyduls in Oxyd stattfindet. In einem lockeren, den Luftzutritt gestattenden Obergrunde ist deshalb das Oxyd verherrschend; in nassem Obergrunde, wo die Durchlüftung verhindert ist, und in dem Untergrunde herrschen das Oxydul und seine Verbindungen vor. Sobald Eisensalze in Lösung übertreten, gehören sie nicht mehr den bodenconstituirenden Stoffen an, sondern haben die Fähigkeit erlangt in die Pflanze einzutreten, was aber, wenn dies in grösserer Menge geschieht, für die meisten Culturgewächse

schädlich ist und weshalb die Auflösung des Eisens verhindert werden muss. In dem Kalke besitzen wir nun einen Stoff, welcher mit löslichen Eisensalzen in Berührung, diese unlöslich macht und, wie es scheint, die Eisenoxyde auch in ihrer Auflöslichkeit schwächt.

Der Gruss und die grösseren Gesteinsfragmente sind Gesteinstrümmer, welche durch fortschreitende Verwitterung immer mehr zerfallen und schliesslich sich in Sand und Thon verwandeln, wenn sie feldspatartiger Natur sind u. s. w. Freilich gehören zu einem solchen Zerfallen, selbst des Grusses Jahrhunderte, wie wir dies am Lehm sehen können, dessen Gruss in einigen Menschenaltern so wenig abnimmt, dass wir dasselbe Feld noch als Lehm ansehen, was von unsern Grossvätern auch Lehm genannt wurde und noch nicht in Thonboden verwandelt ist. Die physikalischen Eigenschaften des Grusses sind mit denen des Sandes von annähernd gleicher Körnergrösse übereinstimmend. Bei den grösseren Gesteinsfragmenten ist von den physikalischen Eigenschaften, welche wir bei den vorstehenden Bodenbestandtheilen betrachteten, keine Rede mehr, wohl können dieselben aber, wenn sie in einem Boden in nicht allzu grosser Menge vorkommen, dessen physikalischen Eigenschaften verändern. Der leichte, zusammenhangslose Sandboden wird durch sie mehr befestigt und dichter, es verdunstet das Wasser alsdann langsamer aus ihm fort und er trocknet nicht so leicht aus; schwerer Thonboden wird lockerer, trocknet leichter aus, erwärmt sich schneller u. s. w.; ob alle diese Zustände, welche durch die grösseren Gesteinsfragmente hervorgerufen werden, der Vegetation und dem Ackerbaue von Nutzen sind, hängt ganz von den Umständen ab; in den meisten Fällen liebt der Landwirth diese Beigabe zu seinem Boden nicht, weil sie die Bearbeitung erschweren und den dichten Stand der Culturgewächse beeinträchtigen. Ein zum grössten Theile aus grösseren Gesteinstrümmern bestehender Boden, wie wir ihn häufiger im Gebirge finden, sagt der Vegetation wenig zu; cultivirt wird ein solcher Boden nicht, nur der Waldbau kann sich seiner bemächtigen und unter günstigen Umständen der Weinbau.

Die unzersetzten Pflanzentheile findet man fast in jedem Boden und rühren von den untergegangenen oberirdischen Theilen der Pflanze oder von den Wurzeln her oder werden als Dünger auf denselben gebracht: sie unterliegen in dem Boden der Ver-

wesung; ehe diese aber vollständig erfolgt ist, halten sie ihre Form bei. Bleibt der Boden unberührt, so bleibt bei erfolgter Verwesung an der Stelle des verwesten Pflanzentheiles eine Höhlung zurück, Höhlungen, die in schwerem, von den Pflanzenwurzeln schlecht durchdringbarem Boden die Verbreitung der Wurzel sehr begünstigen, durch schnellere Verdunstung des Wassers aus dem Boden zur Austrocknung desselben beitragen, kurz sie haben für die Vegetation manche Vortheile. Am meisten gilt dieses von den Stengeltheilen, den Cerealienhalmen u. s. w., welche lange Canäle in dem Boden zurücklassen und weshalb der Landwirth den Strohdünger gern in unzersetzter Form auf solche schwere Bodenarten bringt.

Silicate und Doppelsilicate. Im Boden giebt es eine Reihe von Stoffen, die sich durch grosse Wandelbarkeit ihrer Bestandtheile auszeichnen und die durch diese Eigenschaft für die Vegetation von grosser, bis vor Kurzem zu wenig gewürdigter Bedeutung sind. Es sind Verbindungen der Kieselsäure mit den verschiedensten im Boden vorkommenden Basen, mit Kali, Natron, Ammoniak, Eisen, Kalk, Magnesia, und ausgezeichnet dadurch, dass in die Basis des Silicates alle die genannten Stoffe eintreten können. Die einfachsten dieser Silicate können wir uns nach der Formel SiO_3, RO zusammengesetzt denken, in welcher SiO_3 Kieselsäure und RO irgend eine oder mehrere der genannten Basen repräsentirt, z. B.

$$SiO_3\,FeO \text{ oder } SiO_3 \left\{ \begin{matrix} FeO \\ NH_4O \end{matrix} \right. \text{ oder } SiO_3 \left\{ \begin{matrix} KO \\ NaO \\ FeO \end{matrix} \right. \text{ oder } SiO_3 \left\{ \begin{matrix} FOe \\ CaO \\ NaO \end{matrix} \right.$$

u. s. w.

Kommt ein solches Silicat mit einer Lösung von Kali-, Natron- oder dergleichen Salz in Berührung, z. B. $SiO_3 \left\{ \begin{matrix} FeO \\ CaO \end{matrix} \right.$, so tritt ein Theil des KO aus der Kalisalzlösung in die Verbindung ein, wofür aber von dem CaO ein Theil austritt, es wird alsdann eine Verbindung nach der Formel $\left\{ \begin{matrix} FeO \\ CaO \\ KO \end{matrix} \right.$ entstehen. Mit mehr Sicherheit wie diese einfachen Silicate darf man die Doppelsilicate in dem Boden annehmen, die nach der Formel $SiO_3, Al_2O_3 + SiO_3, RO$ zusammengesetzt sind, also aus kieselsaurer Thonerde und kieselsauser Basis (Kali, Natron, Kalk u. s. w.) bestehen.

Es sind dies Verbindungen, die in der Natur als Zeolithe krystallisirt vorkommen und in ihrer Zusammensetzung Wasser enthalten. Eichhorn hat an diesen Doppelsilicaten oder Zeolithen zuerst jene oben angedeutete Substitution oder Vertretung der Basen gefunden. So fand er bei einem Zeolithe, welcher nach der Formel*)

$$SiO_3, Al_2O_3 + SiO_3 \begin{cases} CaO \\ KO \\ NaO \end{cases}$$

zusammengesetzt und mit einer Lösung von Chlorammonium zusammengebracht worden war, Ammoniak (NH_4O) in die Zusammensetzung eingetreten, wofür ein Theil des Kalkes, Kalis und Natrons ausgetreten war; es war also ein Doppelsilicat von der Formel

$$SiO_3, Al_2O_3 + SiO_3 \begin{cases} CaO \\ KO \\ NaO \\ NH_4O \end{cases}$$ geworden. Behandelte Eichhorn das ammoniakhaltige Doppelsilicat mit einer Chlornatriumlösung, so trat vom Ammoniak ein Theil aus und an seine Stelle trat Natron ein. Bei allen derartigen Doppelsilicaten findet man diese Auswechselung der Basen oder Substitution. Im Boden sind solche Verbindungen ohne Zweifel auch zugegen, denn derselbe zeigt die vorhin beschriebene Basenauswechselung sehr auffallend und können wir uns diese nicht anders erklären. Wenn man Erde mit Salzsäure behandelt, so wird Thonerde und Kieselsäure gelöst und diese beiden Stoffe sind die Elemente solcher zeolithähnlicher Mineralien gewesen, denn überall da, wo in Salzsäre lösliche Kieselsäure und Thonerde vorkommen, verbinden diese sich immer bei Gegenwart von Kali, Kalk und dergleichen Basen zu wasserhaltigen Doppelsilicaten, welche das Basenausgleichungsvermögen besitzen; sie können künstlich dargestellt werden und weshalb sollten sie sich nicht im Boden eben so gut bilden können. Der Zweifler könnte zwar einwerfen, sie seien als solche im Boden nicht nachgewiesen worden und sei deshalb ihre Existenz zweifelhaft; indess würde ein solcher Einwurf nichts verschlagen, weil sowohl das Basenauswechselungsvermögen des Bodens, von welchem durch Versuche nachgewiesen

*) Die Formeln sind nur qualitativ gegeben, und habe ich diese des leichteren Verständnisses halber den quantitativen Formeln, d. h. solchen, bei welchen die Zahl der Aequivalente Berücksichtigung findet, vorgezogen.

ist, dass es an keinem der sonst im Boden vorkommenden Stoffe haftet, sondern quantitativ mit dem Gehalte an in Salzsäure löslicher Thonerde und eben solcher Kieselsäure steigt und fällt als auch die Gegenwart der in Salzsäure löslichen Thonerde und Kieselsäure in jedem guten Boden mit Gewissheit die Gegenwart solcher Stoffe in denselben erkennen lassen. Uebrigens würde jener Zweifler auch die Existenz von Gyps, schwefelsaurem Kali u. s. w. in Frage stellen müssen, denn als solche weist die Analyse sie auch nicht im Boden nach, sondern sie zeigt nur, dass Kalk und Schwefelsäure im Boden zugegen waren. Bei den meisten Stoffen kann man füglich noch den Einwand geltend machen, dass sie in anderer Verbindung im Boden zugegen sind, als wie wir sie uns vorzustellen gewohnt sind, gerade bei den vorhin genannten zeolithischen Doppelsilicaten fällt jedoch jeder Zweifel aus, weil sie ihre Gegenwart durch die ihnen eigenthümlichen Eigenschaften, durch die Basenauswechselung laut genug verkünden, was bei den meisten anderen Verbindungen nicht der Fall ist.

Auf dem Vorhandensein dieser Silicate und Doppelsilicate im Boden beruht dessen Absorptionsvermögen gegen gelöste pflanzliche Nahrungsstoffe; filtrirt man z. B. durch Erde eine Chlorkaliumlösung, so ist das ablaufende Wasser viel ärmer an Kali als die aufgegossene Lösung, ein Theil des Chlorkaliums wurde im Boden zersetzt, das Kali gebunden und festgehalten, während das Chlor an Kalk oder Natron getreten ist und in dieser Verbindung in das Filtrat mit überging. Da diese Absorptionsfähigkeit eine der bedeutsamsten Erscheinungen des Bodens ist, müssen wir sie ausführlicher besprechen und will ich ihr deshalb ein eigenes Kapitel widmen.

Wir hätten also Silicate und Doppelsilicate von den folgenden Formeln als bodenconstituirende Stoffe anzunehmen, die in keinem guten Boden fehlen dürfen und dem cultivirten Boden, in welchem sie fehlen oder in zu geringer Menge zugegen sind, zugeführt werden müssen:

$$SiO_3,\ Al_2O_3 + SiO_3,\ RO,$$

$$\text{oder vielleicht auch } SiO_3,\ \begin{Bmatrix} Al_2 & O_3 \\ Fe_2 & O_3 \end{Bmatrix} +,\ SiO_2,\ RO$$

Das Bodenwasser ist natürlich ein integrirender Bestandtheil des Bodens, da wir uns einen vegetationsfähigen Boden ohne einen bestimmten Gehalt an Wasser nicht denken können. Im Boden erscheint das Wasser in drei verschiedenen Formen: als

verdichtetes Wassergas, auf den Oberflächen der Bodentheilchen condensirt — hygroscopisches Wasser —, als capillares, welches von den Bodenräumen festgehalten wird und als flüssiges, welches die grösseren, nicht capillarisch wirkenden Räume des Bodens erfüllt, dem hydrostatischen Drucke unterworfen ist und sich nur in einem mit Wasser übersättigten, nassen, sumpfigen Boden findet.

Das hygroscopische Wasser des Bodens ist, wie eben schon bemerkt, verdichtetes Wassergas, welches von den Oberflächen der Bodentheilchen zum grössten Theile aus der Bodenluft aufgenommen wird. Die atmosphärische Luft und mit ihr die darin enthaltene Feuchtigkeit oder das Wassergas dringt in alle wasserleeren Bodenräume ein, von wo aus dasselbe von der Oberfläche der Bodentheilchen condensirt wird. Diese Condensation aus der Luft kann natürlich nur dann geschehen, wenn der Boden kein capillarisches Wasser mehr besitzt; so lange wie solches zugegen ist, verdunstet es in jene Bodenräume hinein, welche frei von Wasser sind. Gewöhnlich verdunstet zuerst aus der oberen Schicht des Bodens das Wasser, während es in den unteren Schichten noch zurückgehalten wird; unter solchen Umständen nun dunstet aus den unteren Schichten das Wasser in die oberen hinein und während in den letzteren auch selbst das hygroscopisch von den Bodentheilchen festgehaltene Wasser ausgetrieben wird (bei heissem Wetter), werden neue Mengen aus dem von unten aufsteigenden Wasserdunste condensirt. Für gewöhnlich hätten wir also zwei unmittelbare Quellen des hygroscopischen Wassers im Boden; aber auch die Pflanze würde in einem seines hygroscopischen Wassers beraubten Boden durch ihre Wurzel Wassergas aushauchen, welches alsdann auf den Bodentheilchen condensirt würde.

Ein Boden vermag um so mehr Wassergas zu absorbiren, als seine Theilchen kleiner sind, als mithin die Gesammtoberfläche seiner Theilchen grösser ist; dieserhalb sehen wir Sand (Streusandkörnung) aus einer feuchten Atmosphäre bei einer Temperatur von 15^0—18^0 C. nichts aufnehmen, Thon dagegen 24,5 Proc., Kalk (feinpulveriger kohlensaurer Kalk) 17.5 Proc. und Humus 60 Proc. Erwähnenswerth ist hier noch, dass trocknes Pflanzengewebe, ganz vorzüglich von krautartigen Pflanzen, eine sehr bedeutende Hygroscopicität hat, d. h. Wassergas in sehr bedeutender Menge absorbirt; so fand man, dass geraspeltes Stroh bis zu 45 Proc. seines Gewichtes Wasser hygroscopisch aufzunehmen vermochte. Für die

vegetabilischen Reste im Boden ist dies sehr wichtig, denn zu ihrer Zersetzung und Umwandlung in Humus ist es nöthig, dass sie von Feuchtigkeit durchdrungen sind; im Boden können sie sich diese Feuchtigkeit leicht aneignen und vermöge ihrer starken Hygroscopicität auch leicht aus einem Boden, welcher wenig capillarisches Wasser enthält. Die Bodentheilchen vermögen, wie die vorstehenden Zahlen zeigen, nur bis zu einer gewissen Grenze hygroscopisches Wasser aufzunehmen; man kann sich vorstellen, dass die Bodentheilchen von einer Atmosphäre condensirten Wassergases oder Feuchtigkeit umhüllt sind, dass diese Atmosphäre sich über eine gewisse Grenze hin nicht zu erweitern vermag; hat diese Atmosphäre ihre grösste Ausdehnung erreicht, so wird kein Wassergas mehr angezogen, mag die umgebende Luft auch noch so viel davon enthalten.

Das capillarische Wasser ist, wie schon der Name sagt, ein solches, welches von den capillarisch wirkenden Bodenräumen festgehalten wird und dadurch dem Einflusse des hydrostatischen Druckes entzogen ist. Seine gewöhnlichsten Quellen sind die atmosphärischen Niederschläge und die Condensation aus dem im Boden enthaltenen Wassergase. Regen, Schneewasser und Thau dringen in den Boden ein und füllen die Bodenräume mit Wasser; die capillarisch wirkenden halten das Wasser fest, in den grösseren nicht capillarisch wirkenden wird es indess durch den hydrostatischen Druck in tiefere Schichten des Bodens gedrängt, vorausgesetzt, dass der freien Bewegung des Wassers kein Hinderniss im Wege steht, wie etwa Steinlagen oder eine Schicht undurchlassenden plastischen Thons. Kommt das Wasser mit dem Boden in grosser Menge in Berührung, so dringt es so lange in die Tiefe, bis es sämmtlich von capillarisch wirkenden Bodenräumen aufgenommen worden ist, wodurch es sich alsdann dem Einfluss des hydrostatischen Druckes entzogen hat.

Fast in jedem Untergrunde befindet sich Wasser; ist nun der Obergrund trocken, d. h. ist das capillarische Wasser aus ihm fortgedunstet, so dunstet von unten beständig Wassergas in dessen Bodenräume hinauf; ebenso wird auch den Bodenräumen aus der atmosphärischen Luft Wassergas zugeführt: kurz die Luft in den Bodenräumen enthält beständig Wassergas und auf den Bodentheilchen ist, wie vorhin gezeigt wurde, Wassergas condensirt. Die Luft in den Bodenräumen des Obergrundes

wird aber in der Regel und vorzüglich dann, wenn aus dem Untergrunde Wasser dahin dunstet, mit Wassergas gesättigt sein. Nun ist bekannt, dass die Menge Wasser, welche die Luft aufzunehmen vermag, von der Temperatur abhängig ist, dass Wasser in tropfbarflüssiger Form aus der Luft ausgeschieden wird, wenn die Temperatur derselben sinkt. Im Boden finden derartige Temperaturerniedrigungen beständig Statt und es wird leicht einleuchten, dass dieselben zu einer Quelle tropfbarflüssigen Wassers, welches sofort von den Bodenräumen capillarisch angezogen wird, werden können, wenn in demselben, wie gewöhnlich, eine mit Wassergas gesättigte Luft enthalten ist. Temperaturschwankungen sind täglich wiederkehrende Erscheinungen des Bodens, wenigstens in jenen Jahreszeiten, in welchen die atmosphärischen Niederschläge zu unbeträchtlich oder die Verdunstung zu gross ist, um dem Boden so viel Wasser zuzuführen oder ihm zu belassen, als die Vegetation auf demselben zu ihrem Gedeihen verlangt. Im Sommer erwärmt sich den Tag über der Boden, während der Nacht strahlt ein Theil der Wärme aus und die Temperatur desselben sinkt. Temperaturschwankungen, welche mindestens bis zu 14—16 Zoll in den Boden eindringen. Der höheren Temperatur während des Tages entspricht der Gehalt der Luft im Boden an Feuchtigkeit; sinkt die Temperatur des Nachts, so wird ein Theil des Wasserdunstes als Wassergas ausgeschieden. Diese Erscheinung erklärt es auch, dass bei anhaltender Dürre die Vegetation nicht zu Grunde geht, dass im heissen Sandboden der Tropen noch manche Pflanzen, wie z. B. die Cacteen, fortexistiren können; besonders an den letzten Orten ist die Temperaturschwankung des Bodens eine beträchtliche und weil die warme Atmosphäre viel Wasserdunst enthält, muss die Wasserausscheidung in dem Boden eine nicht unansehnliche sein. „In einer sehr geringen Tiefe unter der Oberfläche des Bodens ist die Atmosphäre von wässerigem Dunst gesättigt; die geringste Erniedrigung der unterirdischen Temperatur verursacht einen Nebel, einen Thau, wovon die Tröpfchen, welche auf den Wurzeln niedergeschlagen liegen, in ihrer Berührung mit der Erde Substanzen aufnehmen und dann in die Vegetabilien überführen u. s. w. Die Verdichtung des Dunstes, das Erscheinen eines wässerigen Meteors in der abgeschlossenen Atmosphäre lässt mich jetzt begreifen, wie die Pflanze durch diese, selbst bei Zeiten der grössten Dürre, Was-

ser in einem Boden findet, der gar nicht angefeuchtet ist.“ (Boussingault.)

Die Menge Wasser, welche ein Boden capillarisch festzuhalten vermag, hängt, wie ich früher gezeigt habe, von der Grösse der Körner und Bodentheilchen ab; man hat gefunden, dass Sand 26 Proc. seines Gewichtes, Thon 74 Proc., kohlensaurer Kalk (feinerdiger) 80, Kieselsäure (aus kieselsaurem Kali dargestellt) 24,8, lehmartiger Thon 50, kleyartiger Thon 61, Humus 180 Proc. aufnehmen. Ich habe an einem andern Orte die Zahl, welche die höchste capillarisch von einem Boden festgehaltene Wassermenge repräsentirt, die capillare Sättigungscapacität des Bodens genannt.

Nur derjenige Boden, dessen Untergrund ein quelliger ist, enthält beständig oder für lange Zeit soviel Wasser, als er capillarisch aufzunehmen vermag; die meisten Bodenverhältnisse sind derartig, dass nur zur Zeit starker oder anhaltender Regen der Boden mit Wasser gesättigt ist; von der Austrocknungsfähigkeit des Bodens hängt es alsdann ab, ob der Wassergehalt des Bodens früher oder später bis auf ein gewisses Maass gesunken ist. Schwere, plastische oder stark bindige Thonböden behalten lange einen grossen Theil ihres Wassers; sandige und überhaupt lockere Bodenarten verlieren das Wasser, wenigstens den grössten Theil, leichter. Ein thonreicher Boden, welcher $^1/_{10}$ derjenigen Menge Wasser, welche er capillarisch festzuhalten vermag, also seiner capillaren Sättigungscapacität, enthält, ist noch feucht genug, um die Vegetation nicht vertrocknen zu lassen; ein Sandboden hingegen leidet schon an Dürre, wenn er $^1/_5 - ^1/_6$ seiner Sättigungsmenge enthält, und nur dadurch, dass ihm durch Temperaturschwankungen aus dem von unten aufsteigenden oder aus der Atmosphäre absorbirten Wasserdunste beständig Wasser zugeführt wird, kann die Vegetation noch kümmerlich erhalten werden.

Fliessendes Wasser befindet sich in jedem Boden, welcher mehr Wasser enthält, als er capillarisch festzuhalten vermag; es sind dann auch die nicht capillarisch wirkenden Räume des Bodens mit Wasser gefüllt. Bei starken Regengüssen oder bei anhaltendem Regen, sowie bei Ueberschwemmungen und bei dem Schmelzen des Schnees kann der Obergrund des Bodens fast unter allen Verhältnissen fliessendes Wasser für eine gewisse Zeit enthalten; in den meisten Bodenarten verliert sich dieses Wasser aber bald durch

Eindringen in tiefere Schichten, in den Untergrund, oder durch Verdunstung. In thonigem, stark bindigem Boden wird das fliessende Wasser hingegen lange zurückgehalten, weil die Bodenräume mehr oder weniger abgeschlossen sind und die Verdunstung verhindern, und der gesättigte Thon das Wasser nicht in tiefere Schichten einziehen lässt. Die letztere Erscheinung wird auch eintreten, wenn der Untergrund undurchlassend und der Obergrund nicht locker genug ist, um das Wasser schnell verdunsten zu lassen.

Unter gewissen geologischen Verhältnissen findet sich in dem Untergrunde in geringerer Tiefe Wasser, d. h. die Bodenschicht ist quellig. Aus dieser Bodenschicht kann das Wasser sehr leicht capillarisch in den Obergrund gehoben werden, wenn der Untergrundwasserspiegel demselben nahe genug liegt. Die Höhe, bis zu welcher das Wasser sich über den Untergrundwasserspiegel capillarisch erhebt, ist je nach der Zusammensetzung des Bodens verschieden: gewöhnlicher Sandboden hat eine Erhebungszone von nur 6—10 Zoll, Thonboden hingegen von $1\frac{1}{2}$—2 Fuss, bei Torf- und Moorboden soll dieselbe sogar über 3 Fuss betragen, bei den meisten gemischten Bodenarten liegt sie zwischen 1—$1\frac{1}{2}$ Fuss. Der Untergrundwasserspiegel ist natürlich ein veränderlicher; bei regnerischer Witterung steigt er, bei trocknem Wetter, wenn beständig Wasser aus dem Obergrunde fortdunstet, fällt er; oft steht er mit benachbarten Flüssen und Seen in Verbindung und deren Wasserstand wirkt dann auf ihn zurück. Wie diese Verhältnisse auf den Wassergehalt des Obergrundes wirken, ist leicht einzusehen. Liegt der Untergrundwasserspiegel so hoch, dass seine capillare Erhebungszone in den Obergrund aufsteigt, so wird dieser beständig capillarisches Wasser enthalten, was für alle Bodenarten, aus welchen das Wasser schnell verdunstet, gerade kein Nachtheil ist, bei weniger leicht austrocknenden Bodenarten vom Landwirthe jedoch nicht gern gesehen wird. Steigt das Wasser des Untergrundes bis in die Nähe des Obergrundes, so erhält der Obergrund bei Trockenheit Wasserdunst aus den tieferen Schichten, aus welchem sich alsdann Wasser niederschlagen kann. Erhebt sich der Untergrundwasserspiegel selbst bis in den Obergrund, so haben wir es wohl mit nichts anderem als Sumpfboden zu thun, welcher zwar auch seine Vegetation hat, für die Culturpflanzen jedoch nicht geeignet ist. Die Beziehungen des Untergrundwassers zum Obergrunde sind auch in jenem Falle nicht wesentlich von den vorhin geschilderten

verschieden. wenn eine im Untergrunde liegende. dem Obergrunde nahe. undurchlassende Schicht das von den atmosphärischen Niederschlägen stammende Wasser verhindert. in die tieferen Schichten einzudringen; nur sind hier die Verhältnisse mehr vorübergehender Natur, da der Obergrund das sich in ihm angesammelte Wasser durch Verdunstung bald verliert. In nassem Frühjahre oder nach dem Schmelzen des Schnees sowie in nassem Herbste, dann also wenn die Verdunstung des Wassers wegen der niedrigen Temperatur eine schwache ist. erhebt sich ein solches Untergrundwasser capillarisch oder wohl gar auch mit seinem Wasserspiegel bis in den Obergrund — Uebelstände bei dem cultivirten Boden, die durch Drainage vollkommen beseitigt werden können.

Untergrundwasser, welches als solches in den Obergrund aufsteigt, führt demselben pflanzliche Nahrungstoffe zu und deshalb haben wir dasselbe mit zu den Quellen dieser Stoffe zu zählen. Die Analysen von Drainwässern, welche zum grössten Theile aus Quellen stammen, ergaben nicht unbedeutende Mengen von pflanzlichen Nahrungsstoffen; selbst Kali und Salpetersäure, diese wichtigen Pflanzennährstoffe, wurden oft genug in nicht unbeträchtlicher Menge gefunden. Der Gehalt der Brunnen- und Quellwässer giebt uns einigen Aufschluss über die Menge Stoffe, welche durch dieses Untergrundwasser dem Obergrunde zugeführt wird. Untergrundwasser, welches in den Obergrund aufsteigt und dort verdunstet, lässt seine gelösten mineralischen Stoffe daselbst zurück; sie häufen sich alsdann im Obergrunde an und gehen in die Pflanzen über. Nehmen wir nun an, dass jährlich nur 1 Million Pfund Wasser aus einem preussischen Mórgen Landes (¼ Hectar), etwa mit Lupinen bestellt. verdunsteten, und der Untergrund hierzu die Hälfte liefere, und dass das Untergrundwasser nur 0,6 Gramm in 1000 Gramm mineralische Stoffe gelöst enthalte — Zahlen, die gewiss nicht zu hoch gegriffen sind — so würden jährlich 300 Zollpfund mineralische Stoffe in den Obergrund gelangen und dort der Vegetation zu Gute kommen. Sind in 1000 Gramm 0,025 Gramm Kali enthalten (vgl. S. 84), so würden 12 Pfund Kali in die Ackerkrume hinaufkommen. Vergleichen wir damit die mineralischen Stoffe, welche eine Roggenerndte dem Boden entzieht, so wird man sich überzeugen, dass das Untergrundwasser Erndten zu liefern vermag. Eine Roggenerndte entnimmt dem Boden in Stroh und Körnern 55 Pfund mineralischeStoffe, darunter 11 Pfund Kali; unter günstigen

Umständen könnte da wohl das Untergrundwasser eine nicht unbedeutende Nährstoffquelle sein. Ganz besonders gilt das aber für Wiesen, auf welchen das Untergrundwasser nahe liegt.

Eine oft so bedeutende Zufuhr pflanzlicher Nahrungsstoffe aus dem Untergrunde erklärt es, dass manchem armen Sandboden fortwährend Erndten von Wiesengräsern oder gar von Roggen entzogen werden können, ohne dass dieser Boden von aussen Düngstoffe zugeführt erhält; freilich magere Erndten, aber immer noch ergiebig genug, um die Cultur eines derartigen Bodens lohnend zu machen. Ich will nur an jene Sandfeldwirthschaften erinnern, die alle 2 Jahre den armen Sandfeldern eine Roggenerndte entnehmen, wobei ihr einzigster Dünger eine zwischen die Roggensaat geschobene Lupinensaat ist. „Man baut an einigen Orten schon seit einer Reihe von Jahren abwechselnd Lupinen und Roggen, ohne dem Boden, ausser der Lupinengründüngung, anderweitig Dung zuzuführen, und bis jetzt hat man noch keine Abnahme der Ertragsfähigkeit jener Aecker bemerkt, sondern dieselben haben sich sogar augenscheinlich verbessert. Die betreffenden Aecker besassen nicht etwa eine alte Dungkraft, sondern gehören zu den ganz leichten Sandbodenklassen. Diese Bodenarten sind in der Regel so arm an disponiblen Pflanzennahrungsmitteln, dass der Gehalt sicher nicht genügt, um eine fortgesetzte Abgabe, ohne ersichtliche Folgen zu leisten." (Schulz-Fleth.*) In solchen Fällen muss offenbar eine Zufuhr der mineralischen Nährstoffe von unten stattfinden.

Die Bodenarten.

Bodenarten, die ausschliesslich aus dem einen oder andern bodenconstituirenden Stoffe bestehen, sind sehr selten, am meisten finden wir dies noch bei Sand und bei Kalk: gewöhnlich ist der Boden eine Mischung der verschiedensten Stoffe und das Vorherrschen des einen Stoffes drückt dem Boden sein physicalisches Gepräge auf. Ich will mit einigen Worten der Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten erwähnen, um später nicht immer auf dieselben ausführlicher zurückkommen zu müssen, wenn von den Beziehungen der Bodenarten zur Vegetation die Rede ist.

Der Thonboden enthält als vorwiegenden Bestandtheil Thon,

*) Der rationelle Ackerbau, 1856. Seite 370.

dann Sand, zuweilen Kalk, im cultivirten Zustande Humus, und ausserdem mehr oder weniger Eisenoxyd. Ein thonreicher Boden ist stark gebunden, d. h. zähe, plastisch; dadurch setzt er den Ackergeräthen einen grossen Widerstand entgegen; trocken ist er fest, ebenfalls schlecht zu bearbeiten, zerreisst bei dem Austrocknen stark. Die schlechte Bearbeitung im trocknen sowohl wie im feuchten Zustande verhindert es, dass er genügend aufgelockert, zerbröckelt werden kann, wodurch er an der Verdunstung seines Wassers verhindert ist. Beiläufig sei bemerkt, dass je mehr ein Boden in kleine Brocken zertrümmert ist, um so mehr grössere freie Räume enthält, die den Luftzutritt leicht zulassen und in die hinein Wasser aus der Erde verdunsten kann; in Folge dessen trocknet er leichter aus, weil die Verdunstung nicht blos auf die Oberfläche beschränkt ist, sondern an allen grösseren Bodenräumen, die mehr oder weniger mit der Atmosphäre in Communication stehen, stattfindet. Bei dem strengen Thonboden ist dies nun nicht der Fall. Bei feuchtem Wetter ist dieser Boden stark und lange nass und den Culturpflanzen unzuträglich. Hingegen besitzt dieser Boden ein starkes Absorptionsvermögen gegen Gase und besonders gegen Wassergas, so dass ein Verdorren der Pflanzen bei anhaltend trocknem Wetter nicht leicht eintritt. Diese Gasabsorption wird aber unbedeutend, wenn er, wie gewöhnlich, ein allzu grosses Maass von Feuchtigkeit enthält; wo sich Wasser in seinen Bodenräumen befindet, kann die atmosphärische Luft nicht frei eintreten, es mangelt dann an Sauerstoff, die humosen Substanzen werden unvollkommen zersetzt, sie verwandeln sich in Substanzen von saurer Natur; die Eisenoxydverbindungen werden zu weit löslicheren Oxydulverbindungen, welche der Vegetation schaden, reducirt, und diese letzteren aus Mangel an Sauerstoff nicht wieder höher oxydirt. Nass, kalt und sauer sind drei Eigenschaften, die immer vereint dem schweren Thonboden innewohnen und ihn für die Culturpflanzen mehr oder weniger unmöglich machen. Nass ist er, weil eben das Wasser nicht leicht aus ihm fortdunstet; kalt, weil das in ihm in grösserer Menge vorhandene Wasser viel Wärme verschlingt, ehe seine Temperatur sich merklich erhöht*) und weil durch die behinderte Zer-

*) Wenn Wasser und wasserfreier Thon getrennt der Erwärmung durch die Sonne ausgesetzt sind, so erwärmt sich in gleicher Zeit der Thon weit stärker als das Wasser, oder, sollen Thon und Wasser um eine gleiche Anzahl Temperaturgrade, etwa um 1° erhöht werden, so

setzung der organischen Substanzen, des Humus, dem Boden eine der bedeutendsten Wärmequellen entzogen wird oder in ihm wenigstens bedeutend herabgesetzt wird — die eigene Wärmequelle des Bodens liegt darnieder; sauer ist er, weil sich die Humussubstanzen, wie eben gezeigt, in Säuren verwandeln.

Die vorhin beschriebenen, für den Ackerbau unangenehmen Eigenschaften des Thonbodens treten um so mehr zurück, als in ihm Sand, Kalk oder Humus zunehmen und in Folge dessen die Plasticität des Thones vermindert wird. Grösserer Gehalt an feinvertheiltem Kalke (4—10 Procent) macht den Thonboden zu einem vorzüglichen Ackerboden, weil er locker genug ist, um ein Uebermaass an Wasser schnell verdunsten zu lassen, ohne aber leicht zu trocken zu werden; die Luft hat zu ihm besseren Zutritt u. s. w. Aehnlich verhält sich der Humus und der Sand; indess muss letzterer schon in grosser Menge zugegen sein, um das zu bewirken, was wenige Procente Kalk oder Humus hervorbringen. Der Practiker stösst sich oft daran, dass Kalk und Humus, die doch an und für sich mehr Wasser aufzunehmen vermögen und es auch nicht so schnell verdunsten lassen, als der Thon, dennoch den Thonboden trockner machen. Es beruht das auf dem Umstande, dass der Thon durch diese Stoffe seine Plasticität einbüsst, die Thonbodenschicht dadurch in kleinere Brocken zertrümmert werden kann und in ihm eine grosse Menge freier Räume geschaffen wird, die mit der Atmosphäre communiciren und in die hinein das Wasser verdunstet, und dadurch schneller aus dem Boden fortgeht, als wenn der Boden, wie ein strenger Thonboden, fast nur von der Oberfläche aus Wasser verdunsten kann.

Sandboden, wenn er nur wenig andere Beimischungen hat, besitzt dem Thonboden gerade entgegengesetzte Eigenschaften; er lässt das Wasser zu schnell verdunsten, auf ihm leidet deshalb die Vegetation leicht an Trockenheit; die Luft hat gar zu leichten Zutritt, die organischen Stoffe (Humus) werden schnell zersetzt, wodurch der Boden eines Stoffes beraubt wird, der seine geringe wasserhaltende Kraft verbesserte; sein Zusammenhang ist unbedeutend,

---

erfordert das Wasser dazu eine viel grössere Menge Wärme als der Thon; das Gleiche gilt von Sand, Kalk, Humus u. s. w., sie alle bedürfen viel weniger Wärme, um ihre Temperatur zu erhöhen, als das Wasser. Je mehr Wasser also ein Boden enthält, um so mehr Wärme muss in den Boden eindringen, um seine Temperatur zu erhöhen.

oft sogar derart, dass der Wind Macht über den Sand erhält und ihn fortweht. Wurzeln entblösst u. s. w.: der geringe Zusammenhang ist die Ursache einer zu starken Auflockerung, die ebenfalls den jungen Culturpflanzen durch Entblössung der Wurzeln viel Schaden verursacht, wenn der aufgelockerte Sand sich wieder zusammensackt. Zwar ist die wasserhaltende Kraft des grobkörnigen Sandes geringer als die des feinkörnigen, dennoch hält ein Sandfeld von gröberer Körnung das einmal empfangene Wasser fester als Sandboden von feinerer Körnung, denn während in jenem Sandboden das Wasser der atmosphärischen Niederschläge gleich in tiefere Schichten eindringt, von wo aus es wieder langsam verdunstet, sättigt sich hingegen bei feinerem Sande die obere Schicht des Obergrundes und das Wasser ist von hieraus auch wieder schnell verdunstet. Bei einem feinkörnigen Sandboden sieht man oft genug die obere 2—3 Zoll hohe Schicht von Wasser durchtränkt, wohingegen die darunter liegenden Schichten vollständig trocken sind.

Eine Beimischung von Thon bessert die Eigenschaft des Sandes; die wasserhaltende Kraft und die Absorptionsfähigkeit gegen Gase wird grösser, die Austrocknungsfähigkeit herabgedrückt, die Zersetzung des Humus verlangsamt. Auch eine Beimischung von Humus bewirkt dasselbe. Ein Sandboden, dessen Kalkgehalt ein und mehr Procente beträgt, ist der Vegetation der Culturpflanzen nicht sehr zusagend, weil er dadurch noch hitziger wird, die Saaten leichter verbrennen und der sogenannten Nothreife unterworfen sind. Ein solcher Boden, wenn er feucht genug ist, eignet sich am besten für Wiesen.

Kalkboden kommt vorzüglich als Primitivboden auf Kreide- oder Kalkfelsen vor, besteht zwar der Hauptmasse nach aus kohlensaurem Kalke, enthält aber immer mehr oder weniger Thon, Sand (Kalksand, auch Kalksteine) beigemischt. Kalkboden mit wenig anderen Beimengungen ist leicht der Trockenheit und dem Verbrennen der Vegetation ausgesetzt, obgleich der Kalk in seinem physicalischen Verhalten dem Thone sich nahe verwandt zeigt, ausgenommen in der Plasticität, die dem Kalke ganz fehlt. Bei der Nässe wird dieser Boden wohl schmierig, trotzdem lässt er sich leicht bearbeiten und trocknet schnell ab. Sein der Vegetation ungünstiges Verhalten scheint noch nicht so ganz aufgeklärt zu sein und möchte man glauben, dass sein chemischer Charakter und seine

Lagerungsverhältnisse mehr hierzu beitragen, als seine physicalischen Eigenschaften. Blicken wir hinüber nach Englands oder Rügens Kreidefelsen, so muss es uns wundern, dieselben so vegetationsarm zu sehen und dazu noch in einem so feuchten Klima, wie an diesen Punkten herrscht. Mich will es bedünken, dass die grosse Saugkraft des Kreidefelsens die Ursache der Trockenheit der auf dem Fels ruhenden zersetzten und zerfallenen Gesteinsmasse — des Kalkbodens — ist. Wird dem Boden Wasser zugeführt, so saugt der darunter liegende Fels das Wasser schnell ein und der Boden trocknet aus. Die besseren Feuchtigkeitsverhältnisse auf einem aus festerem Kalksteine — Urkalk z. B. — hervorgegangenen Boden sprechen für die Wahrscheinlichkeit meiner Ansicht. In wiefern der chemische Charakter des Kalkbodens ungünstig auf die Vegetation wirkt, vermag ich nicht zu sagen; sollte ein solcher Boden die Säuren nicht allzusehr binden und dadurch die Auflösung der Nahrungstoffe verhindern oder dem Boden einen gewissen Grad von Alkalinität geben, die, so viel wie jetzt bekannt ist, der Pflanze nicht zusagend ist? Dass die organischen Stoffe, der vegetabilische Dünger sehr schnell im Kalkboden zersetzt werden, ist bekannt.

Der Kalkboden bessert sich um so mehr, als in ihm der Thongehalt zunimmt; bei gewissen Mischungsverhältnissen ist er einer der vorzüglichsten Bodenarten und nähert sich dann dem Mergelboden, welcher zu seinen Hauptbestandtheilen Thon und Kalk zählt, worin aber der Kalk in einem hohen Grade von feiner Vertheilung zugegen ist. Ein Mergelboden, in welchem der Thon vorherrscht, zählt zu den ergiebigsten und besten Bodenarten; weniger gilt das von einem Mergelboden mit vielem Sand.

Humusboden nennt man jeden Boden, welcher eine grössere Menge organischer Masse enthält. Obenan steht der Torf- oder Moorboden, welcher, wenn er auf einem undurchlassenden Untergrunde ruht, nass und sauer und den meisten Culturpflanzen dadurch nicht zusagend ist, der aber, wenn das Wasser sich nicht in ihm anzusammeln vermag und die andern bodenconstituirenden Stoffe in ihm in grösserer Menge zugegen sind (besonders Thon und Sand) als Ackerboden nicht zu den schlechtesten gehört. Torf- und Moorboden sind das Product untergegangener Sumpfpflanzen; so lange wie ein solcher Boden nicht trocken ist (die Trockenlegung kann meist nur durch künstliche Ableitung des in ihm stagnirenden Wassers geschehen), verwandeln die vegetabilischen Stoffe

sich in saure Humussubstanzen; ist ein solcher Boden aber trocken gelegt und gelockert, so dass die Luft gehörigen Zutritt hat, so verschwinden allmählig die sauren Substanzen und der Humus nimmt, wie der Landwirth sagt, eine milde Beschaffenheit an. Durch Kalk kann die Zersetzung des Humus und die Abstumpfung der Säuren in trocken gelegtem Torf- und Moorboden beschleunigt, und auch die Beschaffenheit des nassen Bodens verbessert werden.

Thon-, Lehm- und dergleichen Bodenarten, wenn sie viel Humus enthalten, werden mit zu den humosen Bodenarten gezählt und sind ganz vorzüglicher Ackerboden, wenn sie nicht an Nässe leiden; versauern aber, wenn das Wasser in ihnen sich leicht anhäuft oder wenn der Thonboden den grössten Theil seines capillarisch festgehaltenen Wassers nicht leicht verliert.

Alle humusreichen Bodenarten haben die unangenehme Eigenschaft des Auffrierens. Wenn sie viel Wasser enthalten, was gewöhnlich im Beginne des Winters der Fall ist, und darauf Frost eintritt, so dehnt sich der gefrorne Boden aus, quillt auf und hebt das Wurzelwerk der Pflanzen, besonders junger Saaten; bei dem Aufthauen senkt der Boden sich wieder und die Wurzeln werden entblösst. Dass unter dieser Eigenschaft des humusreichen Bodens hauptsächlich nur junge Pflanzen leiden, ist selbstverständlich; aber da wo die obere Bodenschicht von einem starken Wurzelwerke durchzogen ist, wie auf Wiesen, hebt sich diese Schicht bei dem Gefrieren von der unteren Schicht ab, die Wurzeln zerreissen und in Folge dessen kann die Vegetation leiden.

In dem Vorhergehenden habe ich nur der Haupttypen des Bodens gedacht; die verschiedensten Abänderungen dieser Haupttypen finden Statt, ihr physicalischer Charakter nähert sich aber einem der Typen und lässt sich leicht bestimmen, wenn man der Zusammensetzung des Bodens hinsichtlich der bodenconstituirenden Stoffe einige Aufmerksamkeit schenkt. Nur will ich hier noch des Lehmbodens erwähnen, welcher sich durch seinen Gehalt an kleinen Gesteinstrümmern — Gruss — auszeichnet; er nähert sich bei dem Vorherrschen des Thons dem Thonboden, beim Vorherrschen des Sandes dem Sandboden, ohne aber zu den Extremen dieser Bodenarten zu gelangen. Vom strengen thonigen Lehm- bis zu dem leichten sandigen Lehmboden giebt es alle möglichen Abstufungen und hängt ihr physicalischer Charakter von dem Gehalte an Thon ab. Lehmboden ist in Bezug auf die pflanzlichen Nah-

rungsstoffe meistens ein reicher Boden zu nennen, weil durch die fortwährende Verwitterung und Zersetzung der Gesteinstrümmer oder des Grusses Pflanzennährstoffe frei werden.

Die Absorption der Pflanzennährstoffe im Boden.

In neuerer Zeit hat uns die Agriculturchemie mit einer Eigenschaft des Bodens bekannt gemacht, welche uns erst einen Einblick in die in ihm stattfindenden Vorgänge möglich gemacht und die Lehre von der Aufnahme der Pflanzennährstoffe in die Pflanze erschüttert hat. Im Jahre 1845 beobachtete Thomson, dass Lösungen von schwefelsaurem und kohlensaurem Ammoniak, wenn sie durch Ackererde filtrirt werden, den grössten Theil des Ammoniaks verlieren. Das Filtrat enthielt eine viel geringere Menge des Ammoniaksalzes, als die aufgegossene Lösung, oft sogar nur Spuren. Verwendete er schwefelsaures Ammoniak zu dem Versuche, so war an die Stelle des Ammoniaks in dem aus dem Boden ablaufenden Wasser Kalk getreten, welcher, an Schwefelsäure gebunden, als Gyps in dem Filtrate zugegen war. Beinahe um dieselbe Zeit sah Huxtable etwas Aehnliches; als er nämlich Mistjauche durch Lehm filtrirte, war das Filtrat frei von Farbe und Geruch. Im Jahre 1850 bestätigte Thomas Way diese Erscheinungen auch für Kalisalze, sowie für Ammoniak- und Magnesiasalze; er fand, dass nur die Basen zurückgehalten wurden, die Säuren aber an Kalk, Natron und unter Umständen auch an Magnesia gebunden in das Filtrat mit übergingen. Sand zeigte diese Eigenschaft nicht; fetter Thon hingegen, welcher frei von organischen Stoffen war, besass diese basenabsorbirende Eigenschaft in hohem Grade.

Von Liebig lenkte erst die allgemeine Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand und wusste in geistreicher Weise die Sache für die Pflanze auszubeuten, wobei er jedoch manchmal auf Irrwege gerieth. Bei seinen Experimenten kam er zu denselben Resultaten wie Way, Thomson und Huxtable. Liebig fand, dass 1 Liter Gartenerde (reich an Kalk) das Kali aus 2025 Cubikcentimeter einer Lösung von kieselsaurem Kali, welche in 1000 Cubikcentimeter 2,78 Gramm Kieselsäure und 1,17 Grm. Kali enthielt, wegnahm. Er berechnet hieraus, dass 1 Hectar Feld von derselben Beschaffenheit wie die Gartenerde auf ca. 10 Zoll Tiefe einer gleichen Lösung über 10,000 Pfund Kali entziehen und festhalten könne. Ein in

gleicher Weise angestellter Versuch mit einer Auflösung von phosphorsaurem Bittererde-Ammoniak in kohlensäurehaltigem Wasser zeigte, dass 1 Hectar Feld 5000 Pfund von diesem Salze einer solchen Lösung entziehen werde. Die Ackererde nahm, wie Liebig weiter fand, aus einer Lösung von kieselsaurem Kali, fast alles Kali auf, von der Kieselsäure wurde hingegen um so weniger absorbirt, als die Erde reicher an Humus war. „Dies giebt einen Begriff von der mächtigen Wirkung der Ackererde, von der Stärke ihrer Anziehung gegen drei Hauptnahrungsstoffe unserer Culturpflanzen, die für sich bei ihrer grossen Löslichkeit in reinem und kohlensaurem Wasser, besässe die Ackererde diese Eigenschaft nicht, im Boden nicht erhalten werden könnten" (von Liebig). Nach Liebig haben sich noch viele andere Forscher mit Versuchen über die Absorptionsfähigkeit des Bodens beschäftigt und ihnen verdanken wir eine nicht gering anzuschlagende Aufklärung über diesen Gegenstand, wenigstens in Bezug auf die Basen der Salze.

Ueber die Ursachen der Absorption waren die ersten Beobachter sehr verschiedener Ansicht: Way erklärte sie, was die Basen betrifft, für eine chemische Bindung in Form eines Doppelsilicates, für eine Substitution und zeigte, dass die beobachteten Absorptionserscheinungen bei künstlich dargestellten, aus kieselsaurem Kali, Kalk u. s. w. und kieselsaurer Thonerde bestehenden Doppelsilicaten viel stärker hervortreten als selbst bei der Ackererde. Liebig und die meisten späteren Forscher führten sie auf eine Flächenanziehung der Bodentheilchen zurück.

Wie aus dem Nachfolgenden hervorgehen wird, ist die Absorption als Complex verschiedenartiger chemischer und physicalischer Vorgänge zu betrachten, von welchen manche noch der näheren Erforschung bedürftig sind.

Die Absorption der Basen. Als Malaguti die Lösungen zweier Salze, welche keinen Niederschlag mit einander geben, aequivalentweise mit einander mischte, zersetzten sich dieselben gegenseitig theilweise. Werden z. B. essigsaures Kali und salpetersaures Blei, von jedem 1 Aequivalent in Lösung, mit einander gemischt, so werden 92 Theile essigsaures Kali zu essigsaurem Blei zerlegt, wenn man die ganze in der Lösung befindliche Menge essigsauren Kalis = 100 setzt. Es bleiben 8 Theile essigsaures Kali unzerlegt, obgleich von dem salpetersauren Blei genug vorhanden ist, um alles essigsaure Blei zu zerlegen. In der Lösung befinden

sich nun 4 Salze: essigsaures und salpetersaures Blei und essigsaures und salpetersaures Kali; und es scheint, dass die verschiedenen Salze sich nur soweit mit einander zersetzen können, bis ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen den 4 Salzen in der Lösung eingetreten ist.

Eine ähnliche Auswechselung der Stoffe zwischen Lösungen und ungelösten künstlichen Doppelsilicaten beobachtete Way, und zwischen Lösungen und natürlichen wasserhaltigen Doppelsilicaten — Zeolithen — beobachtete Eichhorn.

Als Eichhorn fein gepulverten Chabasit mit Auflösungen von Chlornatrium und Chlorammonium behandelte, nahm er Natron resp. Ammoniak in seine Zusammensetzung auf. Die Verticalreihe A ist die Zusammensetzung des natürlichen Chabasits; die Reihe B giebt die Zusammensetzung des mit Chlornatriumlösung behandelten und die Reihe C die Zusammensetzung des mit Chlorammonium behandelten Chabasits.

	A (natürlicher)	B (mit Na Cl.)	C (mit NH_4 Cl.)
Kieselsäure	47,4	48,3	51,3
Thonerde	20,7	21,0	22,2
Kalk	10,4	6,7	4,2
Kali	0,7	0,6	0,6
Natron	0,4	5,4	
Wasser	20,2	18,3	14,9
Ammoniumoxyd . .	—	—	6,9
	99,8	100,3	100,1

Bei B war also Natron in die Zusammensetzung eingetreten, dafür Kalk an Chlor gebunden in die Lösung ausgetreten; bei C war Ammoniumoxyd (NH_4O) in die Zusammensetzung aufgenommen und dafür Kalk und Natron ausgeschieden worden. Aber auch ein durch Chlornatrium umgeänderter Chabasit, wenn er mit einer Lösung von Chlorcalcium in Berührung kam, nahm Kalk auf, während wieder ein Theil des Natrons austrat und in die Lösung überging.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass die eine Base fähig ist, die andere zu verdrängen und die verdrängte durch die verdrängende in der chemischen Zusammensetzung substituirt wird.

Bemerkenswerth und charakteristisch ist der Umstand dabei, dass, wenn man die ursprüngliche Lösung auch noch so lange Zeit mit dem Mineral in Berührung lässt, die Bestandtheile nicht in

ihrer ganzen Menge ausgetauscht werden, sondern zum Theil in der Zusammensetzung des Minerals zurückbleiben. Bleibt Chabasit mit der Chlornatriumlösung in Berührung, so wird bei überschüssigem Chlornatrium doch nicht aller Kalk ausgetrieben und durch Natron substituirt. Es verhalten sich die festen Stoffe ganz so, wie in dem vorhin erwähnten Malaguti'schen Falle essigsaures Kali und salpetersaures Blei; nur bis zu einer gewissen Menge kann das essigsaure Kali umgesetzt werden.

Es scheint also auch bei den Zeolithen ein gewisses chemisches Gleichgewicht bestimmend für die Quantitäten der sich umsetzenden Basen zu sein; Näheres über die Ursache eines solchen Gleichgewichtes wissen wir nicht.

Ein zeolithisches Mineral, ähnlich dem oben beschriebenen, nehmen Way, Mulder und in neuester Zeit Rautenberg in jedem guten Ackerboden an. In Salzsäure ist dasselbe löslich und Kieselerde und Thonerde werden in Auflösung übergeführt. (Vergl. Seite 98.)

Mancher Boden, besonders Sandboden, soll bei seiner Behandlung nur Kieselsäure abgeben und Mulder glaubt, dass diese Kieselsäure mit Basen zu einem einfachen Silicate verbunden im Boden vorhanden sei, welche ähnliche Auswechselungen der Basen zeigten, wie die Zeolithe. Die Zukunft muss uns darüber belehren.

In welcher Form die zeolithischen Mineralien im Boden vorkommen, kann nicht mit Bestimmtheit angegeben werden; es scheint als seien sie in feinvertheilter Pulverform auf den Bodentheilchen abgelagert, ähnlich wie wir uns das Vorkommen des kohlensauren Kalkes oder Humus im Boden vorstellen müssen.

„Die chemische Quintessenz eines guten Ackerbodens sind einige Zeolithe in Pulver- oder Gallertform, getrennt durch feste organische oder anorganische indifferente Theile.“ — „Die Zeolithe unterscheiden sich für verschiedene Bodenarten, ohne dieselben hat ein Ackerboden ein ärmliches Bestehen, denn was man hineinbringt, kann nicht festgehalten werden.“

„Die Zeolithe sind mit Sand, unreinem Kaolin, in Kalkböden mit kohlensaurem Kalke untermischt, sowie mit unauflöslichen Salzen und organischen Stoffen.“

„Der Reichthum eines Bodens hängt nicht ausschliesslich von den genannten Zeolithen ab, aber seine chemische Thätigkeit wird

ganz dadurch bestimmt. Zeolithe zu bilden, heisst einen Boden in Cultur bringen.“ (Mulder.)*)

Die Auswechselung der Basen, welche wir als eine Eigenthümlichkeit künstlicher und natürlicher Zeolithe kennen lernten, wurde auch bei guter Ackererde gefunden. Hauptsächlich wurde zu den Versuchen Kali und Ammoniak verwendet, indem man die Lösungen der Kali- und Ammoniaksalze mit Erde in Berührung brachte. Henneberg, Stohmann, Peters und Rautenberg haben durch ihre schönen Versuche die Gesetze der Absorptionserscheinungen aufgeklärt. Sie arbeiteten gewöhnlich auf die Weise, dass sie 100 Gramm trockner Erde mit einer Lösung von bekanntem Gehalte übergossen, umschüttelten, das Gefäss mehr oder weniger lange stehen liessen, dann die über der Erde stehende Flüssigkeit abfiltrirten und das Filtrat auf ihren nunmehrigen Gehalt untersuchten.

Als erstes Gesetz fanden sie, dass die Zeit keinen Einfluss auf die Absorption hat, denn liessen sie gleiche Mengen derselben Erde mit gleichen Quantitäten der Lösungen 148 Stunden in Berührung, so wurde aus der Lösung doch nicht mehr absorbirt als in 4 Stunden.

Von bedeutendem Einflusse auf die Absorption ist die Concentration der Lösung. Hier einige Versuchsresultate von Henneberg und Stohmann. 100 Gramm Erde wurden mit 200 Cubikcentimeter Chlorammoniumlösung von verschiedener Concentration übergossen, nach vierstündiger Berührung wurde die abfiltrirte Lösung auf ihren Gehalt untersucht.

200 CC Lösung enthielten Ammoniak (NH_3) in Grammen:	In vier Stunden wurde aus der Lösung absorbirt NH_3 in Grammen:
1. 0,170	0,056
2. 0,340	0,070
3. 0,680	0,102
4. 1,700	0,122
5. 3,400	0,208.

Wie man sieht, nimmt die absorbirte Ammoniakmenge mit der Concentration der Lösung zu, aber in einem viel niedrigeren Verhältnisse als die letztere; während z. B. die Concentrationen beim 1. und 2. Versuche wie 1 : 2 sich verhalten, verhalten sich die ab-

*) Die Chemie der Ackerkrume. Nach der Uebersetzung von Johannes Müller. Bd. I. S. 397.

sorbirten Mengen nahezu wie 1 : 1,3; im 2. und 3. Versuche ist das Verhältniss der Concentrationen ebenfalls wie 1 : 2, das Verhältniss der absorbirten Ammoniakmengen aber wie 1 : 1,5 u. s. w.

Wenn 100 Gramm Erde aus 200 CC. Lösung, die 170 Grm. Ammoniak enthält, 0,056 Grm. Ammoniak absorbirt haben, so könnte man glauben, die Erde sei gesättigt, dass dem aber nicht so ist, zeigt der Umstand, dass aus concentrirteren Lösungen mehr aufgenommen wird, dass sogar aus einer Lösung, die in 200 CC. 3,4 Grm. Ammoniak enthält, ebensoviel Ammoniak absorbirt wird, als die Lösung im 1. Versuche enthielt, nämlich in 200 CC. 180 Grm. Es kann demnach keiner Lösung alles Kali oder Ammoniak u. s. w. entzogen werden; immer bleibt ein Theil in der Lösung zurück. Peters bemerkt hierzu: „Es bleibt bei stärkeren Lösungen zwar stets eine verhältnissmässig grössere Menge von Kali (oder Ammoniak) unabsorbirt; doch auch aus verdünnten Lösungen wird nicht alles Kali fixirt. Die schwächste der in der (Peters'schen) Tabelle aufgeführten Flüssigkeiten enthielt in 200 CC. noch 0,1472 Gramm Kali; es ergab sich jedoch, dass auch aus noch viel schwächeren Lösungen nicht alles Kali aufgenommen wurde, ja dass bei einem gewissen Verdünnungsgrade die Absorption gleich Null war. Dies widerstreitet der Angabe Liebig's, dass die Erde im Stande sei, der Auflösung eines Kalisalzes die Basis vollständig zu entziehen."

Mit anderen Worten heisst das vorhin Gesagte: Je verdünnter eine Lösung ist, um so mehr wird sie erschöpft. Weil diese Thatsache für die Besprechung des Verhaltens der Nährstoffe im Boden von ganz besonderer Wichtigkeit ist, will ich sie an einem Versuche von Peters in Zahlen darstellen. 100 Gramm Erde wurden mit 250 CC. einer Chlorkaliumlösung übergossen, umgeschüttelt und nach einiger Zeit die Lösung auf ihren Gehalt untersucht. Die absorbirten Kalimengen sind Durchschnittszahlen von mehreren Untersuchungen, die übrigens aber sehr nahe in ihren Zahlenergebnissen übereinstimmten.

In 250 CC. Lösung sind Gramm Kali.	Absorbirt wurden Gramm Kali.	Es wurde von dem Kali der Lösung absorbirt.
2,3555	0,4502	0,19 (oder etwa 1/5)
1,1777	0,3124	0,26 („ „ 1/4)
0,5888	0,1991	0,34 („ „ 1/3)
0,2944	0,1383	0,47 („ „ 1/2)
0,1472	0,0988	0,66 (über die Hälfte).

Die Erschöpfung der Lösung nimmt demnach ganz auffallend um so mehr zu, als die Lösung verdünnter ist. Auch mit Ammoniak wurden gleiche Resultate erhalten.

In allen Versuchen mit Kali und Ammoniak fand es sich, dass für die absorbirte Base, ein gleiches Aequivalent Kalk, Natron und Magnesia frei geworden und in die Lösung übergetreten war. Wurde z. B. 1 Aequivalent = 47,2 Gewichtstheile Kali absorbirt, so ging dafür 1 Aequivalent Kalk = 28 Gewichtstheilen in Lösung über.

Alle diese Erscheinungen weisen auf eine Basenauswechselung hin, die an gewisse im Boden enthaltene zeolithische Mineralien gebunden ist. In letzter Zeit hat nun auch Rautenberg nachgewiesen, dass die absorbirende Kraft vom Thon, Sande, dem Eisenoxyde, dem Humus und dem Thonerdehydrate nicht abhängt, und dass einem Thone, welcher keine in Salzsäure lösliche Thonerde enthielt und kein Absorptionsvermögen besass, dieses gegeben werden konnte, wenn man ihm einen künstlichen Zeolithen beimischte. Die Rautenberg'schen Untersuchungen lassen über die Ursache der Basenabsorption keinen Zweifel mehr.*)

Die Absorption der Phosphorsäure und Kieselsäure. Weniger genau untersucht wie die Absorption der Basen ist die der übrigen Stoffe, von denen ganz besonders Phosphorsäure und Kieselsäure in Betracht zu ziehen sind. Lösungen von phosphorsauren Salzen durch Ackererde filtrirt, werden in der Regel ihres ganzen Phosphorsäuregehaltes beraubt. Dem Ackerboden kann durch auswaschenden Regen keine Phosphorsäure oder doch nur in sehr geringer Menge verloren gehen. Die Ursache ihrer Absorption ist bis jetzt wenig bekannt und nur das Verhalten derselben und ihrer Verbindungen gegen andere Stoffe gestattet uns einige Rückschlüsse auf das Unlöslichwerden der Phosphorsäure im Boden.

Früher glaubte man, dass die Phosphorsäure im Boden aus löslichen Salzen durch Kalk oder in Verbindung mit Ammoniak und Magnesia als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia in feste Form übergeführt und absorbirt werde. Kreidepulver soll die Phosphorsäure aus gelösten Alkalisalzen nicht absorbiren; was aber die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia betrifft, so kann und wird dieselbe sich auch im Boden bilden, wenn die Bedingungen dazu vor-

*) Henneberg's Journal für Landwirthschaft. Neue Folge Bd. 7. Heft 4.

handen sind, wenn Magnesiasalze und Ammoniak zugegen sind. Häufiger indess wie in dieser Form und in manchen Bodenarten vielleicht ausschliesslich, scheint die Phosphorsäure durch Thonerde und Eisenoxyd in unlösliche Form übergeführt zu werden — eine Verbindung, aus welcher die Phosphorsäure wieder durch kohlensaure Alkalien, durch kieselsaure Alkalien und durch Humussäuren, besonders durch Quell- und Quellsatzsäure, sowie indirect auch durch Kohlensäure in Lösung versetzt wird. „Aufbewahren und in Auflösung bringen — die zwei Hauptmomente einer guten Ackerkrume — können also in Ansehung der Phosphorsäure beide befriedigt werden.“ (Mulder.)

Die Absorption der Kieselsäure geschieht jedenfalls durch Verbindung mit Kalk, Thonerde u. s. w., mit welchen sie unlösliche Formen bildet — Silicate —. Indess sind auch manche Doppelsalze von kieselsauren Alkalien und kieselsauren alkalischen Erden (Kalk, Magnesia) löslich und werden sich nicht gar selten im Boden finden. Die im Wasser unlöslichen Silicate haben ihre lösenden Agenzien in der Kohlensäure, den Humus- und anderen Säuren. Ganz vorzüglich scheinen hier die Humussäuren eine hervorragende Rolle zu spielen, denn von einem Boden, der reich an solchen sauren Humussubstanzen ist, wird die Kieselsäure wenig oder gar nicht festgehalten, was aber in höherem Maasse geschieht, sobald die Säuren durch Alkalien oder Kalk abgestumpft werden.

Andere Absorptionserscheinungen. Ausser den vorhin beschriebenen chemischen Processen, giebt es ohne Zweifel im Boden noch viele andere, wodurch gelöste Stoffe in unlösliche Formen übergeführt und unter gewissen Einwirkungen wieder gelöst werden können. Man hat sich die Absorptionserscheinungen im Boden viel zu einseitig gedacht, man glaubte nur einer sehr beschränkten Menge von Stoffen das Vermögen zuschreiben zu dürfen, gelöste Stoffe in unlösliche Formen überzuführen: wenn man aber bedenkt, wie zahlreich gelöste und ungelöste Stoffe im Boden vorkommen und auf einander einwirken, so kann man der Annahme nicht entgehen, dass die Absorptionserscheinungen durch die verschiedenartigsten chemischen Processe bedingt sind. Wo gelöste Stoffe in solcher Anzahl wie im Boden mit einander in Berührung kommen, bilden sich jedenfalls complexe Salzverbindungen, von welchen manche eine Constitution besitzen, dass sonst in Wasser lösliche Salze in ihnen in eine schwach lösliche oder vollständig unlösliche

Form übergegangen sind. So kommt in der Natur als Polyhalit ein Tripelsalz von schwefelsaurem Kali, schwefelsaurem Kalke und schwefelsaurer Magnesia vor, ebenso ein Doppelsalz von kohlensaurem Kalke und kohlensaurem Natron, welches als Gaylusit krystallisirt; bei dem Vermischen der Lösungen von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Kalk bildet sich ein Doppelsalz von der Formel $SO_3, CaO + SO_3, KO + HO$, und weshalb sollen derartige Verbindungen nicht auch im Boden vorkommen, sobald die sie constituirenden Salze in ihm zugegen sind und mit einander in Berührung kommen?

Werfen wir einen Blick auf das Gesagte zurück, so tritt uns zuerst die Fähigkeit des Bodens entgegen, die wichtigsten Pflanzennährstoffe, Kali, Ammoniak, Phosphorsäure, Kieselsäure und die Magnesia in ungelöste Formen überzuführen, so dass sie dem Einflusse des im Boden beweglichen Wassers entzogen sind und durch dasselbe nicht aus dem Obergrunde fort in tiefere Schichten hinabgeführt werden können; als die hervorragendste Ursache dieser Erscheinung lernten wir das Basenaustauschungsvermögen eigenthümlicher Doppelsilicate kennen, insofern die Absorption sich auf die Basen bezieht, und was die Säuren betrifft, so mussten wir deren Absorption den Verbindungen der Phosphorsäure mit Eisenoxyd, Thonerde und Ammoniak-Magnesia, der Kieselsäure mit Erden zuschreiben. Mehr dem lösenden Einflusse des Wassers ausgesetzt finden wir das Natron, auch wohl die Magnesia, dann die Schwefelsäure, das Chlor und die Salpetersäure; doch können Natron, Magnesia und Schwefelsäure in Verbindungen auftreten, in welchen sie in Wasser schwer oder unlöslich sind, die Basen in zeolithischen Stoffen und complexen Salzen, die Schwefelsäure in Verbindungen der letzteren Art.

Die Absorptionserscheinungen, welche ich in dem Vorstehenden dargestellt habe, tragen den Charakter des chemischen Processes an sich, und wer sich diese Vorgänge ansieht, ohne voreingenommen für eine andere Ansicht, vielleicht zu Gunsten irgend einer Autorität, zu sein, wird schwerlich dieselben als eine von den Bodentheilchen ausgehende Flächenanziehung ansehen. Ebenso wie die Stoffe ausserhalb des Bodens auf einander einwirken, werden sie dies auch im Boden, untermischt mit chemisch indifferenten Stoffen, thun. Zeolithe nehmen aus einer Lösung Kali auf und geben andere Basen dafür aus; kommen Lösungen von phosphorsaurem

Natron und Eisenchlorid zusammen, so wird ein in Wasser unlösliches Eisenphosphat gebildet; bei diesen chemischen Actionen fällt es Niemanden ein von Flächenanziehung zu sprechen; sind aber jene Stoffe mit indifferenten Substanzen, mit Sand oder Thon untermischt, und es treten dieselben chemischen Actionen ein, so soll die Flächenanziehung der Sandkörner oder der Thontheilchen dieses hauptsächlich bewirkt haben. So wollen es wenigstens manche Forscher haben. Die hauptsächlich von Liebig und seiner Schule vertretene Ansicht, dass die Basenabsorption eine physicalische sei, bedarf keiner Widerlegung mehr, nachdem die neuesten Rautenbergschen Arbeiten den Stab darüber gebrochen haben; um sie heute noch aufrecht erhalten zu wollen, muss man die Hartnäckigkeit der Liebig'schen agriculturchemischen Schule besitzen.

Die mechanische Absorption. Wenn ich nun auch die Absorptionserscheinungen zum grössten Theile den chemischen Functionen des Bodens zuschreibe, so bin ich doch weit davon entfernt, der Flächenanziehung jede Mitwirkung bei der Absorption abzuleugnen. Wie überhaupt bei der Flächenanziehung im Boden die Bodentheilchen oder vielmehr die Oberflächen derselben die functionirenden Theile sind, so werden sie es auch bei der durch Flächenanziehung bewirkten Absorption der pflanzlichen Nahrungsstoffe sein.

Als die Grundlage des Bodens haben wir hauptsächlich die Partikelchen der bodenconstituirenden Stoffe, des Thones, des Kalkes, des Humus, die Sandkörner, betrachtet. Durch Adhäsion sind sie unter sich zusammenhängend und halten auch die Molecüle anderer ungelöster Stoffe angezogen. Denken wir uns die zeolithähnlichen Mineralien in fein vertheilter Form auf die Bodenpartikelchen und Sandkörner oder Bodentheilchen abgelagert, so werden dieselben natürlich auch durch Adhäsion festgehalten. Sind Nährstoffe in die Zusammensetzung des Zeolithen aufgenommen, so haften dieselben mit dem Zeolithen auf den Bodentheilchen. Filtriren wir durch eine Portion magnesiahaltiger und ammoniakreicher Erde eine Lösung von phosphorsaurem Natron, so wird ohne Zweifel phosphorsaures Bittererde-Ammoniak in der Erde gebildet und die Phosphorsäure dadurch unlöslich ausgeschieden; die Molecüle des unlöslichen Phosphorsäuresalzes sind aber so fein, dass sie wohl durch einen durch die Erde filtrirenden Wasserstrom mit fortgerissen und aus der Erde entfernt werden könnten. Wollte

man eine verdünnte Lösung von phosphorsaurem Natron, welcher man schwefelsaure Magnesia, Chlorammonium und Ammoniak behufs Abscheidung unlöslichen phosphorsauren Bittererdeammoniaks zugesetzt hat, sofort auf's Filter bringen, so würden gewiss bedeutende Mengen des abzuscheidenden Salzes mit durch's Filter gehen, weil sich dasselbe noch in gelöster Form in der Flüssigkeit befindet. Es ist eine dem Analytiker bekannte Sache, dass jenes phosphorsaure Bittererde-Ammoniak und viele andere in Wasser unlösliche Stoffe im Momente der Abscheidung im Wasser löslich sind und dann erst ausfallen, wenn ihre Molecüle Zeit hatten durch Adhäsion sich zu kleinen Krystallgrüppchen zu vereinigen; ehe dieses geschehen ist, gehen sie durch Filtrirpapier. Wie viel mehr würde nun ein solches ausgefälltes Salz mit durch den Boden gehen können, dessen Capillarräume doch bei weitem grösser sind, wie die Poren des Filtrirpapiers! Aber ein solches Verlassen des Bodens findet nicht Statt, weil hier die Bodentheilchen sofort adhärirend auf die ausgeschiedenen Molecüle wirken und sie auf die Oberfläche der Bodentheilchen niedergeschlagen werden. Auf diese Weise werden die Molecüle aller Stoffe, welche aus der löslichen in die unlösliche Form übergehen, durch Adhäsion von den Bodentheilchen angezogen und auf dieselben niedergeschlagen.

Wenn man Allaun mit Ammoniak fällt, so reisst die niederfallende gallertartige Thonerde Ammoniak nieder, und nur durch lange andauerndes Waschen mit heissem Wasser gelingt es dies Ammoniak aus dem Niederschlage zu entfernen. Das in der Gallerte haftende Ammoniak ist an und für sich in Wasser löslich, durch Adhäsion sind die Ammoniakmolecüle aber so fest von Thonerdehydratmolecülen angezogen, dass sie sich nur äusserst schwer in Wasser lösen und durch grosse Mengen Wasser nur entfernt werden können. Dieselben Erscheinungen, welche hier zwischen Thonerde und Ammoniak stattfinden, treten bei vielen anderen Fällungen ein. Im Boden sind derartige Fällungen nichts Seltenes und der ausgefällte Stoff wird ebenfalls gelöste Stoffe mit aus der Lösung im Boden ausscheiden; absolut unlöslich in Wasser sind dieselben aber nicht und bei längerer Berührung mit dem Bodenwasser, so wie bei der Wiederauflösung des ausgefällten Stoffes werden auch diese durch Adhäsion mit ausgefällten Stoffe wieder in Lösung treten, gerade so, wie bei ammoniakhaltigem

Thonerdehydrat durch Salzsäure Thonerde und Ammoniak sofort wieder in gelöster Form erscheinen.

Uebergiesst man einen thonhaltigen Boden, welcher durch Auskochen mit Salz- und Salpetersäure frei von jedem chemisch absorbirend wirkenden Stoffe ist, mit einer Lösung irgend eines Salzes, z. B. phosphorsauren Ammoniaks, so ist die durchfiltrirte Lösung weniger concentrirt, als die aufgegossene. Es wurde hier ein Theil des Salzes durch Flächenanziehung von den Bodentheilchen festgehalten; es ist diese Art der Bindung jedoch nicht so fest, dass das vom Boden zurückgehaltene Salz nicht unlöslich in Wasser sei, denn man kann es leicht wieder gänzlich auswaschen. Eine derartige Anziehung der gelösten Stoffe dürfte im Boden wohl auch zu finden sein; ich muss indess sehr bezweifeln, ob sie bei den Absorptionserscheinungen zu irgend einer Bedeutung gelangt; es mag wohl kaum einen Boden geben, in welchem aus Mangel an einer andern Absorption jene Zurückhaltung der gelösten Stoffe für die Ernährung der Pflanze einen besonderen Nutzen habe. Hierzu sei aber bemerkt, dass bei meinen Versuchen diese Abnahme der Concentration eine sehr unbedeutende war und oft nicht einmal ½ Procent bei einer Lösung von 10 Procent betrug.

Eine andere Art von Ausscheidung der gelösten Stoffe im Boden findet bei der Verdunstung des Wassers statt, wenn der Boden nicht mehr Wasser enthält, als er capillarisch festzuhalten vermag. In dem Wasser sind die verschiedensten Stoffe gelöst, bei der Verdunstung bleiben dieselben zurück. Da bei der Verdunstung des Wassers aus einem eben oder nicht gesättigten Boden eine Bewegung des capillarischen Wassers nicht stattfindet, d. h. das Wasser sich nicht von Bodenraum zu Bodenraum bewegt oder doch nur in einem sehr geringen Grade, so bleiben die in dem Wasser gelösten Stoffe in dem Bodenraum zurück, aus welchem das Wasser fortdunstet, und schlagen sich in ungelöster, aber in Wasser leicht löslicher Form auf die Bodentheilchen nieder.

Die Absorption in den verschiedenen Bodenarten. Obgleich die Absorption der Pflanzennährstoffe, in sofern wir ihre hervorragendste, die chemische Thätigkeit, betrachten, an zeolithische und ähnliche, nur in geringer Menge im Boden vorkommende Stoffe gebunden ist, so hat man doch gefunden, dass sie in gewissen Beziehungen zu anderen bodenconstituirenden Stoffen steht oder

vielmehr, dass die absorbirend wirkenden Stoffe in gewissen Beziehungen zu den anderen bodenconstituirenden Stoffen stehen. Es ist dies besonders der Thon. An sich hat der Thon, nach den Untersuchungen von Rautenberg, fast gar kein chemisches Absorptionsvermögen; im Ackerboden steigt und fällt mit ihm aber in der Regel das Absorptionsvermögen. Diese Thatsache erklärt sich daraus, dass ein thonreicher Boden auch reich an zeolithischen Mineralien ist; er enthält Eisenoxyd, welches die Phosphorsäure zu binden vermag, die jedoch auch mit dem reichlich im Boden vorhandenen Thonerdehydrat zu festen Verbindungen zusammentritt. Kieselsäure findet hier ebenfalls Gelegenheit, mit Erden feste Verbindungen zu bilden. Was die mechanische Absorption betrifft, so steht auch hier der Thonboden wegen der Feinheit seiner Bodentheilchen in erster Reihe.

Der Thonboden bindet die Pflanzennährstoffe leicht, er hält sie fest und verhindert sie, aus dem wurzelbergenden Obergrunde in den Untergrund hinabgespült zu werden. Je mehr abschlemmbaren Thon ein Boden enthält, um so stärker ist sein Absorptionsvermögen. Thonreicher Boden verhindert aber auch noch durch seine Undurchdringlichkeit für Wasser den Niedergang der gelösten Pflanzennährstoffe; die Bewegung des nicht capillarisch festgehaltenen Wassers ist in ihm, weil die Bodenräume durch die Plasticität der Bodentheilchen mehr oder weniger abgeschlossen sind, sehr behindert; regnet es, so wird das Wasser in der oberen Schicht mehr zurückgehalten und unter günstigen Umständen ist es verdunstet, ehe es in tiefere Schichten hinabgeht. Die Bewegung des Wassers in thonreichem Boden ist eine langsame.

Wie in seinen physicalischen Eigenschaften, so ist der Sandboden auch in seiner Absorptionsfähigkeit das gerade Gegentheil des Thonbodens. An und für sich hat der Sand keine absorbirenden Eigenschaften, sie werden ihm durch Thonerdesilicate und vielleicht auch durch andere, besonders Doppelsilicate verliehen. Die Absorptionsfähigkeit des Sandbodens ist in der Regel gering, die Pflanzennährstoffe werden leicht aus seinem Obergrunde in den Untergrund hinabgespült, was um so leichter ist, als seine Durchlässigkeit für Wasser und seine wasserhaltende Kraft eine niedrige ist. Bei Regen ist er sehr bald capillarisch mit Wasser gesättigt und ein grosser Theil des Wassers zieht in die tieferen Schichten hinab und nimmt die gelösten Nahrungsstoffe mit. In

der Regel ist die Absorptionsfähigkeit um so geringer, je grobkörniger der Sand; auch das Auswaschen der gelösten Pflanzennährstoffe steht mit der Körnung des Sandes in Zusammenhang, denn ein feinkörniger Sandboden hält das Wasser mehr in der oberen Schicht, in dem Obergrunde fest. Mit dem Thongehalt steigt auch die Absorptionsfähigkeit und die Festhaltung der Pflanzennährstoffe im Obergrunde. Feinkörniger Sand enthält gewöhnlich viel in Salzsäure lösliche Kieselsäure, welche die Bildung von Doppelsilicaten begünstigt. Die mechanische Absorption vermag in einem reinen Sandboden nur einen geringen Effect hervorzubringen; dieselbe steigt aber ebenfalls mit der Zunahme der abschlemmbaren thonigen Theile und des Humus, sowie des fein vertheilten Kalkes.

Die Fruchtbarkeit des Sandbodens würde bedeutend gehoben werden können, wenn man ihm zeolithische Stoffe einverleibt, was wohl am zweckmässigsten durch Thonmelioration geschieht; wo das nicht angeht, würden vielleicht Staub und Gruss feldspathaltiger Gesteine — Chausseestaub oder Chausseeschlamm, wo mit Basalt u. dergl. chaussirt wird — oder Kunstcemente anzuwenden sein. Immer aber hat man dafür zu sorgen, dass die Durchlässigkeit des Sandbodens vermindert und die wasserhaltende Kraft vermehrt wird, zu welchem Zwecke reichliche Düngung mit organischen Stoffen — Humuserzeugern — am besten in Anwendung zu bringen ist.

Bei Lehm- und Kalkboden hängt die Absorptionsfähigkeit ebenfalls von dem Gehalte an Thon ab und dürfte in derartigen Bodenarten, vielleicht mit Ausnahme des sandigen leichten Lehmbodens und des reinen Kalkbodens, selten ein Mangel an zeolithischen Mineralien sein. Diese leichten Bodenarten verlieren aber nach dem Sandboden am leichtesten die zeolithischen Bestandtheile, weil mit jeder Erndte ein Theil Kieselsäure dem Boden weggenommen und nicht wieder vollständig ersetzt wird; Kieselsäureverlust ist nun aber gleichbedeutend mit Zeolithverlust.

Bei den Versuchen Rautenberg's zeigte es sich, dass der Humus ein ziemlich bedeutendes Absorptionsvermögen besitzt und besonders gegen die Salze des Kali's und Ammoniak's; aber auch hier schien die Absorption auf dem Vorhandensein zeolithischer Bestandtheile zu beruhen, denn für das absorbirte Ammoniak und Kali traten annähernd aequivalente Mengen Kalk und Magnesia in Lösung, auch wurde die absorbirende Kraft sehr bedeutend ge-

schwächt, als der Humus mit Salzsäure behandelt und ihm dadurch ein Theil der mineralischen Stoffe, vielleicht unter Zerstörung des zeolithischen Bestandtheiles, entzogen wurde. In einem humosen Boden und in Torf- und Moorboden hat also der Humus hinsichtlich der chemischen Absorption keine besondere Bedeutung; in ihm wird das Vorhandensein zeolithischer und anderer absorbirender Stoffe bestimmend für den Grad der Absorptionsfähigkeit sein und scheint eine Beimischung von Thon auch in dieser Hinsicht auf eine bessere Beschaffenheit schliessen zu lassen. Der Humus scheint der Absorption der Kieselsäure ein Hinderniss zu sein, denn wie ich schon früher (S. 120) erwähnte, wird von derselben um so weniger absorbirt, als der Boden reicher an Humus ist. Was die mechanische Absorption betrifft, so verhält sich dieselbe ähnlich wie bei allen fein vertheilten bodenconstituirenden Stoffen; es scheint der Humus aber obenan zu stehen.

Die Absorptionsfähigkeit ist also eine der wichtigsten Bedingungen der Pflanzenernährung, ohne sie würde der Boden, wenn auch nicht unfruchtbar, doch für die Pflanzencultur wenig geeignet sein: denn sie will der Vegetation eine möglichst grösste Menge Pflanzenmasse abgewinnen und diese ist abhängig von dem Eintritte einer grösseren Menge anorganischer Nährstoffe und der Gegenwart dieser im Boden. Ohne die Eigenschaft, die Nährstoffe im Obergrunde festhalten zu können, würde durch das Regenwasser ein grosser Theil in den Untergrund hinabgespült werden, ohne vielleicht der Vegetation jemals wieder zu Gute zu kommen. Die böse Folge der Absorptionsunfähigkeit sehen wir an der Schwefelsäure, diesem so höchstwichtigen Nährstoff, welcher in um so grösserer Menge geliefert werden muss, als die Erndte reicher an stickstoffhaltigen Stoffen sein soll. Schwefelsäure wird nur in sehr geringem Grade absorbirt, in den meisten Bodenarten finden wir sie nur spurenweise und auf einem solchen Boden wollen Pflanzen, die viel Proteinstoffe produciren, nicht mehr recht gedeihen, besonders gilt das vom Klee, welcher von allen Culturpflanzen am meisten Proteinstoffe auf einer gegebenen Fläche producirt, aber auch am meisten Schwefelsäure bedarf — das ist die Kleemüdigkeit des Bodens, diese Sphinx der Landwirthschaft, worauf ich in der 2. Abtheilung ausführlich zurückkommen werde. Die Absorptionsfähigkeit ist an eine geringe Menge gewisser Stoffe geknüpft, die aber in den

meisten Bodenarten nicht fehlen, wenigstens einem guten Ackerboden nicht fehlen dürfen und deren Mangel zu beseitigen, die erste Aufgabe der Landwirthschaft sein muss. Freilich wird hier der practische Landwirth mit der Frage an mich herantreten, wie er denn wohl den Mangel dieser Stoffe werde erkennen können. Ich könnte ihn da wohl an den Chemiker verweisen, welcher sich durch die Menge der in Salzsäure löslichen Thonerde ein Urtheil über die absorbirende Kraft des Bodens bilden kann; indess würde eine solche Aufklärung oft weit herzuholen und etwas umständlich sein und viele Landwirthe haben, freilich ungerechtfertigterweise, das Zutrauen zu den chemischen Laboratorien verloren. In der Regel wird wohl jeder thonarme Boden Mangel an absorbirendwirkenden Stoffen haben und dies voraussetzend, wird der Landwirth sich wohl nie eines Fehlgriffes zu beklagen haben, wenn er Thon, Lehm, Schlamm aus stehenden Gewässern und dergleichen Stoffe seinem Boden zuführt oder wenn er sogar zu zeolithhaltigen oder zeolithbildenden Mineralien — Kunstcementen, Basaltstaub u. dergl. — seine Zuflucht nimmt.

Die aufnahmsfähigen Nahrungsstoffe.

Der Zustand, in welchem sich die absorbirten Nahrungsstoffe im Boden befinden, lässt einen Uebertritt derselben in die Pflanze nicht zu; ihre Molecüle befinden sich in ungelöster Form und als solche können sie die Zellmembran nicht durchdringen, mithin auch in die Wurzel nicht eintreten — sie sind nicht aufnahmsfähig. Lösungsprocesse der verschiedensten Art sind in jedem guten Ackerboden thätig und wo diese fehlen, scheint selbst die Wurzel zur Verflüssigung und Auflösung der ungelösten absorbirten Nahrungsstoffe Einiges beizutragen. Ohne im Wasser aufgelöst zu sein, können sie nicht zu Ernährung der Pflanzen dienen. Wir müssen uns hier also mit der Frage beschäftigen, wie die absorbirten Nahrungsstoffe im Boden gelöst werden und wie der Landwirth sich diesen Vorgängen gegenüber zu verhalten hat, um die Culturpflanzen zu ergiebigen Erndten zu leiten.

Die Löslichkeitsverhältnisse der Nahrungsstoffe können je nach dem Wassergehalte des Bodens verschieden sein: im Sumpfboden, welcher mehr Wasser enthält, als er capillarisch festzuhalten vermag, anders wie in jenem Boden, welcher nur capillarisches Wasser enthält, und hier wieder anders wie in einem trocknen Boden, der nur hygroscopisches Wasser auf seinen Bodentheilchen festhält.

Die Nahrungsstoffe im Boden, welcher hydrostatisches Wasser enthält.

Ein Boden, welcher mehr Wasser enthält, als er capillarisch festzuhalten vermag, verhält sich in seinen Absorptionserscheinungen ähnlich wie die Erde in jenen Absorptionsversuchen, bei welchen sie mit einem vielfachen Volum Lösung übergossen wird. Diesen

Zustand finden wir im Sumpfboden, dem Grunde stehender und fliessender Gewässer und häufig auch, wenn auch nur zeitweise, im Ackerboden. In stehenden Gewässern ist gewöhnlich der Grund oder eine Bodenschicht unter der Grundschicht undurchlässig und verhindert den Niedergang des Wassers in tiefere Schichten; in der Grundschicht werden die Nahrungstoffe ausgeschieden. Dem Wasser werden die Nahrungsstoffe durch Quellen oder zusammengelaufene atmosphärische Niederschläge oder durch Auflösung aus untergegangenen Pflanzen zugeführt. Das Wasser in der Grundschicht sowohl wie über derselben ist eine verdünnte Nährstofflösung.

Ich habe früher bereits angegeben, dass die Erde oder zeolithische Mineralien einer Lösung nicht die ganze Menge der Base zu entziehen vermögen; übergiesst man ein gewisses Quantum Erde mit einer Kali- oder Ammoniaksalz-Lösung, so wird immer nur ein Theil des Salzes zerlegt und dessen Base absorbirt und ein anderer Theil des Salzes bleibt unverändert in der Lösung zurück; die nicht absorbirte Menge Salz ist um so bedeutender, als die Lösung concentrirter ist. Die gelösten Stoffe werden so lange absorbirt, bis ein gewisses Gleichgewicht zwischen dem absorbirenden Bodenbestandtheil und den gesammten Basen der Lösung eingetreten ist. Befinden sich Kalk-, Natron- und Magnesiasalze in der Lösung, so ist die Menge Kali und Ammoniak, welche absorbirt wird, geringer, als wenn die letzteren Salze allein in der Lösung vorhanden sind. Eine Erde, welche Ammoniak-, Kali- oder Magnesiasalze absorbirt hat, giebt wieder einen nicht unbeträchtlichen Theil des absorbirten Kalis oder Ammoniaks an die Lösung ab, wenn mit ihr Natronsalz- oder Kalksalzlösungen in Berührung kommen. Es ist dieser Fall so wichtig für die Lehre von der Düngung, dass ich nicht umhin kann, etwas näher darauf einzugehen.

Die schönen Versuche von Peters über die Absorptionsfähigkeit der Erde sind es besonders, welche uns hierüber Aufschluss gegeben haben. Er behandelte 100 Gramm Erde mit einer Chlorkaliumlöung, aus welcher die Erde 0,204 Gramm Kali (KO) absorbirte. Hierauf nun brachte er die Erde mit 250 CC. Lösungen von verschiedenen Salzen in Berührung und ein Theil des absorbirten Kalis wurde wieder von der Erde losgelassen und in Lösung versetzt, wofür Kalk u. s. w. von dem Boden absorbirt wurde. Ich stelle in der folgenden Tabelle einige Zahlen zusammen.

100 Grm. Erde enthielten an absorbirtem Kali 0,2040 Grm.

Salzlösung, womit die KO haltige Erde behandelt wurde.	In 250 CC. dieser Lösung war enthalten in Grm.	Aus 100 Grm. KO haltiger Erde wurde gelöst in Grm.
Chlornatrium	0,3609 NaO	0,1147 KO
Salpetersaures Natron . .	0,2808 „	0,0983 „
Chlorcalcium	0,3182 CaO	0,1290 „
Salpetersaurer Kalk . .	0,2996 „	0,1252 „
Chlormagnesium	0,2120 MgO	0,1281 „
Salpetersaure Magnesia .	0,2317 „	0,1224 „
Chlorammonium	0,2211 NH_4O	0,1474 „
Salpetersaures Ammoniak	0,2165 „	0,1455 „
Destillirtes Wasser . . .	—	0,0434 „

Wie mächtig der lösende Einfluss dieser Salze ist, geht aus diesen Untersuchungen sehr klar hervor; es wurde über die Hälfte des absorbirten Kali's wieder in Lösung versetzt; am stärksten lösend wirkten die Ammoniaksalze und selbst das destillirte Wasser zeigte eine nicht unbeträchtliche lösende Wirkung. Aus roher Erde vermochten jene Lösungen sogar 0,02—0,03 Grm. Kali zu lösen.

In dem Wasser des Sumpfbodens und in sonstigen stehenden Gewässern müssen also alle jene Stoffe in Lösung sein, welche auch absorbirt in dem Grunde vorkommen, erstens weil die Salze nicht in ganzer Menge vom Boden festgelegt werden können, und zweitens weil Verbindungen der Schwefelsäure, des Chlors und der Salpetersäure mit Kalk und Natron in dem Wasser vorkommen, welche die absorbirten Basen zum Theil wieder in Freiheit setzen.

In derartigem Wasser und in dem Grunde desselben finden sich auch noch andere Stoffe, welche lösend auf die absorbirten Nährstoffe wirken. Es sind dies ganz besonders die sauren Humussubstanzen. Die in dem Wasser untergehenden Pflanzen können sich wegen Luftmangels nicht in Humus, d. h. sogenannten milden Humus, verwandeln; es werden hingegen Humussäuren in grösserer Menge gebildet. Diese haben eine beträchtliche lösende Wirkung auf die absorbirten Stoffe, auf phosphorsaure und kieselsaure Verbindungen, und wenn sie in grösserer Menge zugegen sind, auch auf die zeolithartigen Bestandtheile des Grundes. Es kann uns deshalb auch nicht wundern, dass z. B. das Sumpfwasser so reich an gelösten Pflanzennährstoffen ist, dass es selbst Kali und Phosphorsäure in nicht unbeträchtlicher Menge enthält (vergl. die Liebigsche Untersuchung auf S. 81).

Wenn der Boden der stehenden Gewässer eine bedeutende Absorptionsfähigkeit besitzt, wenn er also thonreich ist, so kann derselbe wohl in verhältnissmässig grosser Menge Pflanzennährstoffe absorbirt enthalten, weil dem Wasser beständig gelöste Pflanzennährstoffe zugeführt werden und davon immer ein Theil von dem Boden absorbirt wird. Ich habe früher einige Analysen solchen Bodens angeführt (S. 82). Ist der Grund vorwiegend Sand, so ist er auch arm an absorbirten pflanzlichen Nährstoffen, und es wird sich oft wohl kaum lohnen, denselben zur Düngung des cultivirten Bodens zu benutzen.

Mag nun das Wasser nur in so geringer Menge vorhanden sein, dass es nicht über den Boden hinausgeht, oder mag das Wasser den Boden auch bedecken: das Lösungsverhältniss der Pflanzennährstoffe bleibt dasselbe. Die im Boden löslich werdenden Stoffe diffundiren gleichmässig über die ganze mit dem Boden in Berührung stehende Wassermenge.

Anders verhält sich das Wasser in einem Boden, der nur für kurze Zeit hydrostatisches Wasser enthält, etwa nach starkem Regen oder nach Ueberfluthungen u. s. w. Ich werde später über diesen Fall sprechen.

Der Boden unter den Verhältnissen, welche oben besprochen wurden, besitzt jedenfalls auch Absorptionserscheinungen, welche auf mechanische Absorption zurückzuführen sind; ob dieselben hier aber einen Effekt hervorzubringen vermögen, der für die Vegetation von Bedeutung ist, will ich dahingestellt sein lassen, möchte es aber bezweifeln, da die mechanische Absorption überhaupt quantitativ nicht viel zu leisten vermag.

Zu dem vorhin besprochenen Boden ist als Culturboden wohl nur das Reisfeld zu rechnen.

Die Nahrungsstoffe im Boden, welcher nur capillarisches Wasser enthält.

Die Bodenlösung.

Dies ist der Boden, welcher am meisten in der Natur vorkommt und die Grundlage der Landwirthschaft bildet. Sein Wassergehalt ist schwankend, oft z. B. nach starkem Regen ist er mit Wasser gesättigt, oft enthält er nur geringe Mengen und dann

ist ein Theil der capillarisch wirkenden Bodenräume mit Wasser gefüllt, während ein anderer Theil Luft enthält. Die Beweglichkeit des capillarischen Wassers im Boden ist eine sehr geringe, d. h. es wird nicht von einem Bodenraume in den anderen übertreten. Wenn z. B. in einer Partie des Bodens das Wasser fortgedunstet und die Bodenräume wasserleer sind, in einer anderen nahen Partie aber noch capillarisches Wasser enthalten ist, so giebt diese kein Wasser an die wasserfreien Bodenräume ab, eine Verbreitung kann sich höchstens auf einige Linien erstrecken. Es klingt das etwas sonderbar, weil man bis jetzt immer gelehrt hat, dass eine Beweglichkeit des Bodenwassers, selbst auch wenn nur geringe Mengen im Boden enthalten sind, vorhanden sei, dass z. B. das capillarische Bodenwasser sich dorthin bewege, wo aus dem Boden Wasser fortdunste. Dass dem aber nicht so ist, kann ein einfacher Versuch darthun. Man fülle in einen Glascylinder eine Schicht Erde, welche $^1/_3$ ihrer Sättigungsmenge Wasser enthält*), und in solcher Menge Humus besitzt, dass sie im feuchten Zustande eine dunkelbraune Farbe hat, während sie in ganz lufttrockenem Zustande grauweiss ist. Aufnahme von capillarischem Wasser giebt sich bei einer solchen Erde sofort durch eine dunklere Färbung kund. Auf die Schicht feuchter Erde bringt man nun eine Schicht vollständig lufttrockner hellgefärbter Erde. Die Grenzlinie zwischen beiden ist scharf und wird markirt. Eine Dunkelfärbung der trocknen Erde tritt aber nicht ein, ein Beweis, dass kein capillarisches Wasser sich aus der unteren feuchten Schicht in die obere trockene hinauf bewegt hat. Versuche, bei welchen die trockene Erde gewogen werden konnte, gaben für dieselbe bei einer zwei- und mehrtägigen Dauer der Berührung so unbedeutende Gewichtszunahmen, dass sie auf keine Bewegung des capillarischen Wassers schliessen liessen. Nur bei gesättigtem und der Sättigung nahem Boden kann eine solche Bewegung des capillarischen Wassers stattfinden, wenngleich sie auch hier nicht von grosser Bedeutung ist. Der Fall, dass die gesättigte Erdschicht, welche ihr Wasser an eine andere abgiebt, dieses Wasser

*) Man stellt sich einen solchen Boden am leichtesten her, wenn man lufttrockene Erde mit Wasser sättigt und einen Theil dieser gesättigten Erde mit 2, 3 oder 4 etc. Theilen lufttrockner Erde schnell zusammenreibt; die Erde enthält dann $^1/_3$, $^1/_4$ oder $^1/_5$ etc. ihrer Sättigungsmenge Wasser.

wieder von einer anderen Seite, aus einer Quelle z. B., ersetzt erhält, ist natürlich hier ausgeschlossen.

Bei demjenigen Zustande des Bodens, in welchem er gewöhnlich vorkommt, wenn er also nur zu einem Theile seiner Sättigungsmenge Wasser enthält, ist das Wasser in den einzelnen Bodenräumen fast gänzlich von einander abgeschlossen. Dieses Wasser enthält Pflanzennährstoffe gelöst; aber auch die gelösten Stoffe sind fast auf ihre Bodenräume beschränkt, d. h. sie verbreiten sich nicht über das Wasser der übrigen Bodenräume, oder doch nur in einem räumlich unbedeutenden Grade. Löst sich in dem einen Bodenraume in grösserer Menge irgend ein Stoff auf, so hat er das Bestreben, sich über die ganze zusammenhängende Wassermasse zu verbreiten — Diffusion —; in einem mit Wasser gesättigten Boden, in welchem also alle Capillarräume mit Wasser gefüllt sind, findet eine solche Verbreitung Statt, der gelöste Stoff diffundirt von Capillarraum zu Capillarraum so weit, wie der Boden mit Wasser gesättigt ist. Auch in einem Boden, welcher der Sättigung nahe kommt, findet noch eine, freilich schon bedeutend verlangsamte Diffusion Statt. Nicht so verhält es sich mit einem weniger wasserreichen Boden; hier ist die Diffusion eine räumlich sehr beschränkte, der gelöste Stoff mag wohl von dem Orte der Concentrationserhöhung auf die angrenzenden wassergefüllten Bodenräume hinüber diffundiren, eine weitere Verbreitung lässt der Boden indess nicht zu, oder wenn wirklich eine Verbreitung stattfindet, so ist sie so langsam, dass sie in mehreren Wochen eine Entfernung von vier Zollen, wie ich durch Versuche gefunden habe, nicht zurücklegt. Ich brachte auf den Boden eines Cylinders eine dünne Schicht gepulverten schwefelsauren Kupfers und hierauf eine 7 Zoll hohe Schicht Erde, welche zu $^1/_3$ ihrer Sättigungsmenge Wasser enthielt; der Cylinder wurde geschlossen, so dass kein Wasser aus der Erde fortdunsten konnte. Als ich nun nach 3—4 Wochen die Erde auf ihren Kupfergehalt untersuchte, vermochte ich mit den empfindlichsten Reagenzien in einer Höhe von $2^1/_2$—3 Zoll der Erdschicht des Cylinders kein Kupfer nachzuweisen, erst in einer Höhe von 1—$1^1/_2$ fand ich Kupfer. In der langen Zeit war also das Kupfer nur 1—$1^1/_2$Zoll weit in die Erde diffundirt. Die Ursache dieses Umstandes haben wir jedenfalls in den wasserfreien Bodenräumen zu suchen, die, mehr oder weniger gleichmässig durch den Boden verbreitet, die wassergefüllten Bodenräume von einander trennen, und wobei

die Diffusion in den wasserfreien Räumen auf die hygroscopische Feuchtigkeit der Bodentheilchen angewiesen ist, in welcher die gelösten Stoffe vielleicht von den Bodentheilchen mechanisch angezogen werden und dadurch ihrer Weiterdiffusion ein Hinderniss in den Weg gesetzt ist. Kurz, in einem Boden, welcher nur geringere Mengen Wasser enthält, wie er also gewöhnlich als Ackerboden vorkommt, ist die Diffusion eine räumlich sehr beschränkte.

In einem Boden von ebengenannter Beschaffenheit besitzen die Bodenräume eine gewisse Selbstständigkeit; das Wasser bewegt sich aus dem einen Capillarraume nicht oder nur auf einige angrenzende Räume fort und die Diffusion vermag die in dem Wasser des einen Bodenraumes gelösten Stoffe auch nicht weiter zu verbreiten. Die Bodenräume können also in Bezug auf den Gehalt an gelösten Stoffen sehr verschieden sich verhalten, der eine kann viel, der andere wenig gelöste Stoffe in seinem Wasser enthalten. Man denke sich einmal ein Knochenmehlkörnchen an einer gewissen Stelle des Bodens; es löst sich auf, der phosphorsaure Kalk wird an der Stelle, wo es sich befindet, absorbirt, nachher treten Zustände ein, wodurch die Phosphorsäure wieder in Lösung versetzt wird, aber die gelöste Phosphorsäure bleibt in den Bodenräumen, welche das ursprüngliche Knochenmehlkörnchen begrenzten. Was man gewöhnlich Bodenlösung nennt, ist also die Gesammtmenge des Wassers der einzelnen, hinsichtlich des Gehaltes an gelösten Pflanzennährstoffen oft sehr verschiedenen Bodenräume. Eine Verdrängung der gelösten Stoffe aus einem Bodenraume und die Fortwanderung in andere Bodenräume wird hauptsächlich dann eintreten, wenn durch Regen der Boden sich mit Wasser übersättigt und die Bodenlösung überhaupt dislocirt wird. Die vorstehenden Erörterungen machen es den Landwirthen klar, wie nothwendig eine tüchtige Pulverisation und Untereinandermischung des Bodens ist, um die Nährstoffe gleichmässig zu vertheilen.

Kommen wir nun auf die Art und Weise zurück, auf welche die absorbirten Pflanzennährstoffe gelöst werden und in dem Wasser der Bodenräume zugegen sind.

Dass die Absorptionserscheinungen in einem solchen Boden dieselben sind, wie wir sie bereits kennen lernten, ist unzweifelhaft. Durch Düngung, Verwitterung u. s. w. werden dem Boden die rohen Nahrungsstoffe zugeführt, durch die verschiedensten chemischen Processe werden sie gelöst, um dann zum Theil absorbirt

zu werden. Was die Basen betrifft, so entspricht ihre absorbirte Menge der Concentration der Bodenlösung und den in ihr enthaltenen Stoffen. Kali und Ammoniak und Magnesia werden bei Gegenwart von Natron- und Kalksalzen in geringerer Menge absorbirt, als wenn diese Stoffe mehr zurücktreten. Phosphorsäure und Kieselsäure werden gänzlich absorbirt werden können, wenn bindende Substanzen genug und lösende Agenzien zu wenig vorhanden sind.

Die in der Bodenlösung enthaltenen wesentlichsten lösend wirkenden Agenzien sind die gelösten Salze des Natrons und Kalkes, die Kohlensäure, die Humussäuren und vielleicht auch andere organische Säuren, wie Butter-, Essig- und Propionsäure, welche sich bei der Zersetzung organischer und besonders stickstoffhaltiger Stoffe bilden, dann die kohlensauren Alkalien. Die Kohlensäure nimmt jedenfalls die hervorragendste Stelle ein.

Kali-, Natron-, Ammoniak-, Magnesia-, Kalk- u. s. w. Salze müssen in der Bodenlösung vorhanden sein, weil sie theils nur schwach absorbirt (Natron etc.), theils weil ihre ganze Menge nicht aus der Lösung absorbirt werden kann. Der Gehalt an diesen Stoffen in der Bodenlösung wird nun noch vermehrt durch die lösende Wirkung der Säuren; Kohlensäure und Humussäuren werden diese Lösung hauptsächlich bewirken, indem sie das zeolithische Mineral zersetzen und alle seine Stoffe frei werden und zum grössten Theile in Lösung übergehen. So lange, wie die Bodenlösung freie Säuren enthält, so lange also das zeolithische Mineral nicht wieder aus seinen Bestandtheilen regenerirt werden kann, so lange werden aber auch diese Stoffe in Lösung bleiben. Bei der Zerstörung des zeolithischen Bodenbestandtheiles werden höchst wahrscheinlich die Alkalien an Kohlensäure gebunden; die kohlensauren Alkalien können dann wieder lösend auf die Phosphate einwirken. Auch die Säuren vermögen die Phosphate zu zersetzen und in lösliche Form überzuführen, worin sie dann auch so lange erhalten werden können, als freie Säuren in dem Bodenwasser vorhanden sind. Die Kieselsäure wird durch kohlensaure Alkalien und durch Humussäuren mächtig gelöst. Eisen, Kalk und Mangan sind löslich als schwefelsaure, salpetersaure und Chlorverbindungen, sowie als doppeltkohlensaure Salze.

Die Bodenlösung enthält alle der Pflanze nöthigen Nährstoffe gelöst, freilich kann dies nur von einem nicht armen Boden gesagt werden; es müssen in ihm die Nährstoffe selbst zugegen sein, es

müssen aber auch lösende Agenzien in genügender Menge vorkommen. Die Bodenlösung kann unter Umständen arm an gelösten Stoffen sein, mancher Boden kann jedoch auch gewisse der Pflanze schädliche Stoffe, z. B. Eisensalze, in zu grosser Menge gelöst enthalten.

Mannigfach sind die Lösungsprocesse im Boden, und die oben kurz erwähnten können nur ein schwaches Bild geben von dem, was im Boden geschieht.

In seinen „naturwissenschaftlichen Briefen über moderne Landwirthschaft" sprach Justus v. Liebig die Ansicht aus, dass in der Bodenlösung die wesentlichsten Nährstoffe nicht vorhanden seien, dass sie nur absorbirt im Boden verkämen. Liebig fand für diese Ansicht Anhänger genug und noch heute klingt sie hier und da wieder. In jenen Briefen lesen wir S. 41 Folgendes:

„Es ist wahrscheinlich, dass die grösste Anzahl der Culturpflanzen darauf angewiesen ist, ihre mineralische Nahrung direct von der Ackerkrume zu empfangen, und dass ihr Bestehen gefährdet wird, dass sie verkümmern und absterben, wenn ihnen diese Bestandtheile in einer Lösung zugeführt werden."

Und Seite 101:

„Während die Seegewächse ihren ganzen Bedarf an diesen Stoffen von dem umgebenden Medium in gelöstem Zustande empfangen, führt das Wasser, welches den fruchtbaren Ackerboden durchdringt, keinen der drei wichtigsten und wesentlichsten Nahrungsstoffe, keine Phosphorsäure, kein Kali, kein Ammoniak den Wurzeln der Landpflanzen zu. Die Ackerkrume giebt an das Wasser für sich keinen dieser Nahrungsstoffe ab, und ihr Uebergang in den Organismus muss demnach, unter Mitwirkung des Wassers, direct durch ihre Organe der Aufsaugung, die sich im Boden befinden, vermittelt werden. Die Wurzeln entziehen diese Stoffe den vom Wasser durchdrungenen Theilen der Ackerkrume, die sich in Berührung mit ihrer aufsaugenden Oberfläche befinden."

Nach diesen Worten musste man also schliessen, dass Liebig sich die Bodenlösung, das Bodenwasser frei von den drei wichtigsten Nährstoffen, frei von Phosphorsäure, Kali und Ammoniak denke. Diese Ansicht zu bestreiten, hat der Verfasser sich bemüht.

In seiner neuen Auflage der Agriculturchemie, in den Gesetzen des Feldbaues, giebt nun Liebig einen Commentar zu jener Ansicht; es heisst dort Seite 105 wie folgt:

„Die Ansicht, dass die Wurzeln der Gewächse ihre Nahrung

unmittelbar der Erdschicht entziehen, die sich in ihrer nächsten Nähe befindet, d. h. welche mit der Nahrung aufnehmenden Wurzel in Berührung ist, sagt nicht, dass das Kali, der Kalk, der phosphorsaure Kalk im festen Zustande, nämlich ohne vorher gelöst worden zu sein, die Zellenmembran durchdringen können; sie setzt nicht voraus, dass die Nahrungsstoffe, welche in dem im Boden sich bewegenden Wasser gelöst sind, nicht unter Umständen aufnehmbar von den Pflanzenwurzeln sind, sondern sie nimmt als Thatsache an, dass die Pflanzenwurzeln die Nahrung von der dünnen Wasserschicht empfangen, welche durch Capillaranziehung festgehalten, mit der Erd- und Wurzeloberfläche in inniger Berührung ist, und nicht aus entfernteren Wasserschichten; dass zwischen der Wurzeloberfläche, der Wasserschicht und den Erdtheilchen eine Wechselwirkung statthat, die nicht besteht zwischen dem Wasser und den Erdtheilchen allein, sie setzt als wahrscheinlich voraus, dass die in unendlich feiner Vertheilung an der äusseren Oberfläche der Erdtheilchen haftenden Nahrungsstoffe mit der Flüssigkeit der porösen, aufnehmenden Zellenwände vermittelst einer sehr dünnen Wasserschicht in directer Berührung sind, und dass in ihren Poren selbst ihre Lösung und von da aus ihre unmittelbare Ueberführung statthat."

Grosse Klarheit herrscht übrigens auch hier wieder nicht, denn einmal soll die Pflanzenwurzel die Nahrung von der dünnen Wasserschicht empfangen, welche durch Capillaranziehung festgehalten wird, dann soll das Wasser in den Poren der Zellenwände die an der äusseren Oberfläche der Erdtheilchen haftenden „unendlich feinvertheilten Nahrungsstoffe" lösen, wobei die Zellenwände durch eine sehr dünne Wasserschicht mit den „unendlich feinvertheilten Nahrungsstoffen" auf der Oberfläche der Bodentheilchen in Berührung sind. Aber diese sehr dünne Wasserschicht ist ja weiter nichts als das capillare Bodenwasser, und darin eben sind Stoffe gelöst, die in die Zellen übergehen. Wie es scheint, kann man sich keine rechte Vorstellung von dem Bodenwasser machen; Liebig spricht immer von sehr dünnen Schichten, während sein Volum im Verhältniss zu den Erdtheilen doch eben so unbedeutend nicht ist. Es wird das aus dem Nachfolgenden hervorleuchten.

Schübler fand, dass ein Litre mit Wasser gesättigter Gartenerde 0,821 Kilogramm Wasser und 0,923 Kilogramm Erde ent-

hielt. Nehmen wir nun wegen der im Wasser gelösten Stoffe das specifische Gewicht des Bodenwassers = 1,1 (freilich viel zu hoch), so ist in dem Litre Gartenerde 0,75 Litre Wasser und 0,25 Litre Erde. In einem Litre trockner Erde befindet sich demnach nur 1/4 des Raumes mit fester Materie erfüllt, 3/4 des Raumes ist leer und kommt auf die Zwischenräume, auf die Bodenräume. Enthält dieser Boden nur 1/3 seiner Sättigungsmenge Wasser, so befindet sich in dem Litre 1/4 des Raumes mit Erde und 1/4 mit Wasser gefüllt, während 2/4 des Raumes wasser- und erdfrei ist, d. h. es befindet sich in 2/3 der Bodenräume kein capillarisches Wasser, wohl aber ist auf den Bodentheilchen hygroscopische Feuchtigkeit niedergeschlagen, die wir aber nicht als flüssiges Wasser betrachten dürfen und auch nicht als eine dünne Wasserschicht, wie Liebig sie sich denkt. In einer Ackererde fand Schübler in 1 Litre 0,745 Kilogramm Wasser und 1,435 Kilogramm Erde; das wäre also 0,32 Litre Erde und 0,68 Litre Wasser.*)

Wenn in einem Boden dem Volum nach eben so viel Wasser enthalten ist wie Erde, so darf man die Wassermenge im Vergleich zu den Erdtheilchen gerade nicht als sehr dünne Schichten ansehen, das Wasser füllt eben einen grossen Theil der Bodenräume aus. Ein Bodenraum, welcher capillarisches Wasser enthält, kann nur vollständig damit erfüllt sein; man darf sich das Wasser nicht als Schichten um die Bodentheilchen denken, vielmehr ist es eine die Bodenräume ausfüllende Masse, und bei einem Boden, welcher nicht mit Wasser gesättigt ist, ist ein Theil der Bodenräume mit Wasser erfüllt, während der andere Theil leer ist. Um das zu begreifen, braucht man sich ja nur die physikalischen Erscheinungen der Capillarität vor Augen zu führen. Wie dem nun auch sei, das Bodenwasser, welches die Wurzeln umgiebt, enthält Stoffe gelöst. Uebrigens giebt uns hierfür auch der Versuch unwiderlegliche Beweise.

Eichhorn liess eine Gartenerde sich mit Wasser sättigen und nachdem das Wasser 10 Tage mit der Erde in Berührung gewesen war, verdrängte er durch die gleiche Menge Wasser,

*) Uebrigens stimmen die Schübler'schen Angaben hinsichtlich des Gehaltes eines Litre's Erde an Wasser und Erde nicht mit den aus dem specifischen Gewichte und der wasserhaltenden Kraft berechneten Zahlen überein; diese sind ungefähr für die Gartenerde 0,32 Litre Erde und 0,68 Litre Wasser, wenn sie mit Wasser gesättigt ist.

welche der Boden enthielt, die ursprüngliche 10 Tage mit dem Boden in Berührung gewesene Wassermenge aus den Bodenräumen. Aus den Resultaten der chemischen Analyse ergiebt sich, dass eben das 10 Tage in dem Boden gewesene Wasser in 100 Gramm enthielt:

Kieselsäure . . .	0,0048	Gramm.
Phosphorsäure .	0,0031	„
Kalk	0,0122	„
Kali	0,0115	„

Das zum Verdrängen benutzte Wasser hat wahrscheinlich nichts mehr gelöst, wie aus Versuchen mit Torf geschlossen werden darf.

Wunder behandelte einen in letzter Zeit ungedüngt gebliebenen Boden ebenso wie Eichhorn, liess das Wasser aber 4 Wochen mit der Erde in Berührung und entfernte es aus derselben vermittelst der Luftpumpe. Die ausgepumpte Lösung enthielt in 100 Gramm:

Kieselsäure . . .	0,0026	Gramm.
Phosphorsäure .	Spuren.	
Kalk	0,0084	„
Magnesia	0,0037	„
Kali	0,0008	„

Diese Zahlen, besonders die letzteren, weisen freilich nur auf eine geringe Concentration der Bodenlösung hin; man muss aber bedenken, dass das Wasser hier unter Verhältnissen zugegen war, welche ihm nur eine geringe lösende Kraft geben. Die sämmtlichen Bodenräume sind mit Wasser angefüllt, der Sauerstoff hat keinen Zutritt, Kohlensäure entwickelt sich nicht und dem Boden fehlt das wesentlichste lösende Agenz. Wir dürfen also wohl eine weit höhere Concentration der Bodenlösung annehmen, als sie durch obige Zahlen repräsentirt wird. Der Boden im Eichhorn'schen Versuche war reich an Pflanzennährstoffen, der im Wunder'schen Versuche hingegen, in letzter Zeit ungedüngt, war jedenfalls ärmer, wie der erste. Eine 1procentige Chlornatriumlösung vermochte dem Boden im Eichhorn'schen Versuche doppelt so viel Stoffe zu entziehen als reines Wasser.

Den obigen Zahlen gegenüber zu behaupten, das durch Capillarität im Boden festgehaltene Wasser enthalte keine Stoffe gelöst, wie neuerdings ein Nachbeter Liebig's, Dr. Zöller in München,

gethan, ist nicht einer Widerlegung werth; wer vorgefasste Meinungen hat, ist blind für alle Thatsachen, die gegen diese Meinung sprechen. Welche Menge Stoffe im Bodenwasser gelöst sein können, beweisen die nachfolgenden Zahlen, welche bei einem Torfe unter Verhältnissen gefunden wurden, bei welchen Liebig das Bodenwasser des Torfes nährstofffrei erklärte. Es wurden gefunden in 100 CC. Bodenflüssigkeit aus Torf:

Kali	0,0610	Gramm.
Natron	0,0134	„
Ammoniumoxyd	0,0427	„
Phosphorsäure .	0,0526	„
Salpetersäure . .	0,1344	„

Die Liebig'sche Ansicht hat indess so viele Freunde unter Landwirthen und Agriculturchemikern gefunden, dass es sich verlohnen wird, ihr ein eigenes Capitel zu widmen, um zu zeigen, dass sie auf missverstandenen Thatsachen aufgebaut wurde.

Das Bodenwasser in einem nicht sterilen Boden enthält Antheile von allen Pflanzennährstoffen gelöst. Das Bodenwasser ist eine Bodenlösung; in einem reichen Boden, wenn er lösende Agenzien genug enthält, ist die Bodenlösung concentrirter als in einem armen Boden oder wenn an lösenden Agenzien Mangel ist.

Die in der Bodenlösung enthaltenen Stoffe diffundiren in die Pflanze hinein, um im Stoffwechsel oder sonst wie verändert zu werden.

Die ungelösten, aber aufnehmbaren Nahrungsstoffe.

Verdunstet aus den Bodenräumen das Wasser, so bleiben natürlich die in ihm gelösten Stoffe zurück und schlagen sich auf die Bodentheilchen nieder. Die so niedergeschlagenen Nahrungsstoffe besitzen einen hohen Grad von Löslichkeit und sobald Wasser mit ihnen in Berührung kommt, lösen sie sich in demselben wieder auf.

Die an den wasserfreien Bodenräumen gelegenen Bodentheilchen haben hygroscopische Feuchtigkeit auf ihre Oberfläche condensirt; als das Wasser von ihnen wegdunstete, blieben lösende Agenzien zurück und schlugen sich ebenfalls auf die Bodentheilchen nieder; die Oberflächen der Bodentheilchen condensiren beständig Kohlensäure, wenn solche in der Luft des Bodens vorhanden ist,

und auf ihnen befinden sich auch die absorbirten Pflanzennährstoffe. Welche Processe werden nun wohl auf den Oberflächen der Bodentheilchen stattfinden? Absorbirte Stoffe, lösende Agenzien, besonders condensirte Kohlensäure, unter hygroscopischer Feuchtigkeit mit einander in Berührung: die absorbirten Stoffe werden aus ihren Verbindungen ausgeschieden und gehen in in Wasser lösbare Formen über. In diesem Zustande hat besonders die Kohlensäure eine mächtig zersetzende und lösende Wirkung; nicht weniger ist unter diesen Verhältnissen gerade aber auch die Kohlensäurebildung im Boden durch Zersetzung des Humus am stärksten; so lange die Bodenräume mit Wasser gefüllt sind, hat die atmosphärische Luft und damit der Sauerstoff nur einen sehr beschränkten Zutritt zu den auf die Bodentheilchen niedergeschlagenen Humustheilchen; sobald das Wasser fortgedunstet ist und der Sauerstoff ungehindert eintreten und von der Oberfläche der Bodentheilchen, so wie von Humustheilchen selbst condensirt werden kann, muss die Zersetzung des Humus eine lebhafte sein.

Auf den Bodentheilchen der von capillarischem Wasser freien Bodenräume oder Bodenpartien befinden sich die Pflanzennährstoffe zum grossen Theile in einem in Wasser leicht löslichen Zustande, vorausgesetzt, dass der Boden an lösenden Agenzien, besonders kohlensäureerzeugenden Stoffen reich ist.

Füllen sich die Bodenräume von Neuem mit Wasser, so werden die lösbaren Stoffe zwar von dem Wasser aufgenommen, die lösenden Agenzien genügen aber in der grösseren Menge Wasser nicht mehr, um die aufgelösten Stoffe in Lösung zu erhalten, sie werden theilweise wieder absorbirt. In der Lösung sind hinsichtlich der Beziehungen zwischen lösenden Agenzien und absorbirendwirkenden Stoffen andere Gleichgewichtszustände massgebend, als wie in jenem feuchten Zustande, wo die Bodenräume frei von capillarischem Wasser sind. Später, wenn das Wasser sich wieder mit Kohlensäure imprägnirt, werden auch wieder neue Mengen von den absorbirten Stoffen aufgelöst werden und in der Lösung erhalten bleiben.

Welche Veränderungen das Regenwasser in dem Boden hervorruft, wird uns jetzt leicht verständlich sein. Denken wir uns einen Boden, der $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ seiner Sättigungsmenge capillarisches Wasser enthält; in ihm sind also die Bodenräume zum Theil nur mit Bodenlösung gefüllt, bei dem anderen Theile der Bodenräume

befinden sich die Bodentheilchen und die darauf niedergeschlagenen Stoffe in dem oben geschilderten Zustande. Fällt der Regen in mässiger Menge, so dass er den oberen Schichten des Obergrundes nicht mehr Wasser zuführt, als er capillarisch festzuhalten vermag, so löst das eindringende Wasser die leicht löslichen, auf den Bodentheilchen haftenden Stoffe auf und führt sie weiter, bis sie wieder absorbirt werden. Zur Auflösung sowohl als zur Wiederausscheidung gehört Zeit; diese Vorgänge treten nicht so augenblicklich ein. Es wird deshalb das durch die oberflächliche Schicht gehende Wasser Stoffe auflösen, die aber erst in einer tieferen Schicht absorbirt werden. Wenn das Regenwasser aber in eine tiefere Schicht des Bodens eindringen soll, so müssen die darüber liegenden Schichten bereits mit Wasser gesättigt sein und es muss ihnen mehr Wasser zugeführt werden, als sie capillarisch festzuhalten vermögen. Das in den Bodenräumen enthaltene Wasser wird von dem nachfolgenden Wasser nach unten verdrängt, so lange als der Regen dauert. Die oberen Schichten des Obergrundes werden also immer mehr ausgewaschen, denn alles Wasser, welches tiefer in den Boden eindringt, hat die oberen Schichten passirt. Auf dem Wege nach unten wird dann aber auch wieder ein Theil der aufgelösten Stoffe festgelegt. Allem Anscheine nach werden durch den Regen den mittleren und unteren Schichten des Obergrundes, wenigstens in einem nicht allzudurchlässigen Boden, Nahrungsstoffe in grösserer Menge zugeführt; in diesen Schichten findet sich gewöhnlich aber der kleinste Theil des Wurzelwerkes. Bei starkem Regen kann das Wasser tiefer in den Boden, in den Untergrund eindringen, aber auf dem Wege dahin werden die Nahrungsstoffe zum grössten Theile absorbirt, so dass sie nicht von dem Wasser in jene tieferen Schichten hinabgewaschen werden. Da dieselben aber nicht vollständig dem Wasser entzogen werden können, mit Ausnahme vielleicht der Phosphorsäure (vergl. S. 113), so ist es erklärlich, dass das in den tieferen Bodenschichten circulirende Wasser immer noch Stoffe und selbst Kali und Ammoniak, besonders aber Kalk, Natron, Eisen, Schwefel-, Salpetersäure und Chlor enthält, worüber uns die Drainwasseranalysen vollständigen Aufschluss gegeben haben; Phosphorsäure findet man in der Regel spurenweise, Kali nur in geringer Menge, von den anderen Stoffen sind immer grössere Mengen zugegen.

In leicht durchlässigem Boden ist der Verlust an Pflanzen-

nährstoffen aus dem Obergrunde natürlich ein grösserer, z. B. bei leichtem Sandboden; in solchen Bodenarten geht das Wasser viel leichter und schneller in den Untergrund und wäscht auch mehr Stoffe mit hinab, um so mehr, als gerade diese Bodenarten in der Regel eine schwach absorbirende Kraft besitzen. Man muss also möglichst dafür sorgen, dass soviel als möglich das Wasser capillarisch in dem Obergrunde festgehalten werden kann, ohne dass aber die Verdunstung eines Uebermaasses beeinträchtigt wird oder stagnirendes Wasser sich bilden kann. Wie ich früher schon angedeutet habe, eignet sich hierzu der Humus am besten, bei Sandboden aber thonreiche Stoffe und Humus.

Die Kohlensäure ist das wichtigste lösende Agenz für die im Boden absorbirten Stoffe; in jedem guten Ackerboden findet sie sich reichlich in der Luft der wasserfreien Bodenräume und in dem Wasser, in der Bodenlösung. Unter der Einwirkung des Sauerstoffs zersetzen sich die humosen Substanzen des Bodens, die dabei gebildete Kohlensäure wird von der Luft der Bodenräume aufgenommen und aus dieser nimmt sie das Wasser. Wasser zieht die Kohlensäure an und imprägnirt sich damit; im Boden, wo ja das Wasser durch seine Vertheilung über denselben der Luft des Bodens eine grosse Oberfläche darbietet, ist offenbar die Absorption der Kohlensäure, die Auflösung derselben im Wasser eine bedeutende. Zwar vermag das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur ein gleiches Volum Kohlensäure aufzunehmen; doch scheint in dem Bodenwasser soviel Kohlensäure, selbst im kohlensäurereichen Boden, nicht aufgelöst zu sein; die Vertheilung des Wassers zwischen den Bodentheilchen verhindert dies ebenso, wie pulverförmige Stoffe oder Sand, die in Wasser die Absorption eines dem Wasser gleichen Volums Kohlensäure nicht zulassen.

Ueber den Gehalt der Luft des Bodens geben uns Versuche von Boussingault und Lewi Aufschluss. Sie stellten ihre Versuche auf einem leichten sandigen Boden an, welcher am 2. September mit 600 Ctr. halbverwestem Stallmist per Hectare gedüngt worden war. Sie fanden:

am 6. September in 100 Gewichtsth. Bodenluft	3,27	Theile Kohlensäure.					
am 7. September nachdem es geregnet	"	"	"	"	3,39	"	"
am 11. September nachdem es die letzten 3 Tage geregnet	"	"	"	"	14,13	"	"

Je weiter also die Zersetzung der organischen Stoffe voranschritt, um so grösser ist der Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure. Dieselben Forscher fanden in ungedüngtem Boden viel weniger Kohlensäure; so in 100 Gewichtstheilen Bodenluft eines Weinberges 1,46, eines Waldbodens 1,30, einer humusreichen Erde 5,43, eines Runkelrübenfeldes, vor ungefähr einem Jahre gedüngt, 1,31, eines Luzernefeldes 1,22 Theile Kohlensäure.

Um nun noch zu zeigen, von welchem Einflusse die Kohlensäure auf die Vegetation ist, will ich einige hübsche Versuche von Stöckardt anführen.

Er füllte Glascylinder, jeden mit 6 Kilogramm Erde, welche mit Hafer und Erbsen besäet wurde; zwei dieser Cylinder waren am Boden durchbohrt und wurde durch das Loch eine Röhre in die Erde des Cylinders eingeführt. Diese Röhre diente dazu, um in die Erde Luft und Kohlensäure leiten zu können. Der Cylinder A blieb ohne Luftzufuhr, B erhielt täglich 1600 CC. (Cubikcentimeter, etwa 1½ Litre) atmosphärische Luft, C täglich 1200 CC. Luft und 400 CC. Kohlensäure zugeführt. Nachdem die Vegetation der Einsaat theilweise beendet war, wurde geerndtet und das Trockengewicht der Erndtemasse bestimmt.

Es war trockne Pflanzenmasse producirt worden bei

A. Ohne Luftzufuhr:	B. Unter Zufuhr von Luft:	C. Unter Zufuhr von Luft und Kohlensäure:
5,89 Grm.	10,49 Grm.	12,35 Grm.

Die trockne Pflanzenmasse enthielt an mineralischen Stoffen

0,52 Grm.	0,95 Grm.	1,12 Grm.

Im Boden befanden sich noch an in Wasser löslichen mineralischen Stoffen

1,52 Grm.	2,76 Grm.	3,87 Grm.

Summa der in der Pflanzenmasse und in dem Boden enthaltenen löslichen Stoffe

2,04 Grm.	3,71 Grm.	4,99 Grm.

Der zu diesen Versuchen verwendete Boden war ein humusreicher Sand; daraus erklärt es sich auch, dass die blosse Luftzufuhr eine so bedeutende Vermehrung der Pflanzenmasse (B) zur Folge hatte. Dem im Boden vorhandenen Humus war Gelegenheit geboten, sich in grösserer Menge zu zersetzen, als dies in dem Boden ohne Luftzufuhr geschehen konnte; es wurden bei B deshalb

mehr Kohlensäure entwickelt, mehr Stoffe aus dem Boden gelöst und es gingen mehr gelöste Stoffe in die Pflanze über als bei A, beinahe die doppelte Menge gelöster Stoffe trat in die Pflanze ein und wurde die doppelte Menge Pflanzenmasse gebildet. Bei C. kam zu der aus dem Humus entwickelten Kohlensäure auch noch die von aussen zugeführte, wodurch der Ertrag der Pflanzenmasse, die Lösung der Stoffe im Boden und der Uebergang gelöster Stoffe in die Pflanze erhöht wurde.

Ein Boden, welcher nicht reich an Kohlensäure ist, welcher nicht eine Kohlensäurequelle besitzt, kann keine reichen Erträge, wenigstens keine lohnenden Erträge liefern. Der Landwirth muss dafür sorgen, dass sie in seinem Acker immer in genügender Menge erzeugt wird, und dies wird er am sichersten durch Düngung mit vegetabilischen Stoffen, mit Stalldünger, erreichen, wenn er gleichzeitig dafür sorgt, dass die Luft den Boden gehörig zu durchdringen vermag.

Freilich können wir und zwar mit Erfolg auch die anderen lösenden Agenzien vermehren; ich werde später einmal darauf zurückkommen.

Widerlegung der Liebig'schen Ansicht von dem Verhalten der pflanzlichen Nährstoffe im Boden.

„Während die Seegewächse ihren ganzen Bedarf an diesen Stoffen (Nährstoffen) von dem umgebenden Medium im gelösten Zustande empfangen, führt das Wasser, welches den fruchtbaren Erdboden durchdringt, keinen der drei wichtigsten und wesentlichsten Nahrungsstoffe, keine Phosphorsäure, kein Kali, kein Ammoniak den Wurzeln der Landpflanzen zu. Die Ackerkrume giebt an das Wasser für sich keinen dieser Nahrungsstoffe ab, und ihr Uebergang in den Organismus muss demnach, unter Mitwirkung des Wassers, direct durch die Organe der Aufsaugung, die sich im Boden befinden, vermittelt werden. Die Wurzeln entziehen diese Stoffe den vom Wasser durchdrungenen Theilen der Ackerkrume, die sich in Berührung mit ihrer aufsaugenden Oberfläche befinden." So Liebig.

Nach diesen Worten muss man schliessen, dass Liebig sich das Bodenwasser frei von den drei wichtigsten Nährstoffen, frei von Phosphorsäure, Kali und Ammoniak denkt, oder dass es doch nur Spuren dieser Stoffe enthält. Und weil das Wasser frei von diesen Stoffen

ist, müssen die Wurzeln dieselben direct von den Bodentheilchen, auf welchen sie durch Absorption festgehalten werden, aufnehmen. Wird nun der Beweis geliefert, dass die Bodenflüssigkeit doch in grösserer Menge die genannten Stoffe enthält, so muss natürlich auch die darauf basirte Ansicht von der Aufnahme der Nahrungsstoffe, wenigstens in der Weise, wie sie Liebig sich denkt, fallen.

Prüfen wir zuerst die Thatsachen, wodurch Liebig seine Ansicht von der Bodenlösung begründet hat und ob Liebig berechtigt war, die seinen Ansichten entsprechenden Schlüsse daraus zu ziehen.

Zunächst nun haben wir es mit den Absorptionsversuchen zu thun. Liebig füllte einen Stechheber mit Erde an, und filtrirte eine Lösung von schwefelsaurem Kali durch die Erde; das ablaufende Wasser hatte den grössten Theil des Kali's verloren, oftmals fanden sich nur Spuren von Kali in der abfiltirten Flüssigkeit. Alle späteren Versuche über Absorption, die auf die Weise angestellt wurden, dass eine gewisse Menge Erde mit einem grösseren Volum Salzlösung begossen und beide mit einander geschüttelt und hernach die von der Erde abfiltrirte Lösung auf ihren Gehalt untersucht wurde, ergaben, dass der Lösung das Kali nur zum Theil entzogen worden war; es stand die absorbirte Menge der Base in einem ganz bestimmten Verhältniss zur Concentration der Lösung (vergl. S. 117). Diese Verschiedenheit rührt offenbar daher, dass Liebig die Lösung durch eine höhere in einem Stechheber befindliche Schicht Erde filtriren liess; in der obersten Schicht wurde der Lösung ein Theil der Base entzogen und während nun eine verdünntere Lösung in die tiefere Schicht der Erde eindrang, wurde wieder eine neue Menge der Base absorbirt. Um uns den Liebig'schen Stechheber-Versuch recht anschaulich zu machen, denken wir uns eine Röhre, deren unterer Theil in 12 über einander stehende Abtheilungen von je 1 Zoll durch Querwände eingetheilt ist. Die Querwände besitzen Ventile, die von aussen geöffnet werden können. Die Abtheilungen sind sämmtlich mit Erde gefüllt, und auf die Erde der obersten Abtheilung, die jedoch nur eine Schicht von 1 Zoll bildet, wird eine Chlorkaliumlösung gegossen, und zwar in solcher Menge, dass die Erde damit gesättigt wird und noch etwas aus der Erde ablaufen kann; zu Anfang des Versuchs steht also eine etwa 5—6 Zoll hohe Lösungssäule über der obersten Schicht der Erde in der Röhre. Die Erde dieser Schicht kommt

nur mit einem kleinen Theile der Lösungssäule in Berührung; dauert die Berührung etwa nur 1 Minute, so erfolgt nur eine Absorption in derjenigen Partie der Lösung, welche mit der Erde eben in Berührung ist; es ist keine Zeit vorhanden, dass die absorbirende Wirkung der Erde sich auf die über der Erde stehende Lösung erstrecken könnte; zu diesem Zwecke müsste das Salz der Lösung von oben nach unten diffundiren, zur Diffusion ist aber Zeit nöthig, die räumliche Verbreitung eines diffundirenden Salzes von 1 Zoll erfordert viele Minuten, wie aus meinen zahlreichen Diffusionsversuchen bekannt ist. Oeffnen wir nun, nachdem die Lösung mit der Erde der ersten Abtheilung 1 Minute in Berührung gewesen ist, das Ventil zur 2. Abth., so drückt die Lösungssäule die Lösung aus der Erde der 1. Abth. in die Erde der 2. Abth., während in jene eine neue Portion der Lösung eintritt. In der 2. Abth. wird die aus der 1. Abth. gekommene Lösung wieder einen Theil des Kali's verlieren, und zwar wird sie hier verhältnissmässig mehr verlieren, als in der 1. Abth., weil, wie ich früher gezeigt habe (S. 118), aus einer Lösung verhältnissmässig um so mehr Base absorbirt wird, als die Lösung verdünnter ist. Nach 1 Minute öffnen wir das zweite Ventil und die über der Erde stehende Lösungssäule drückt nun die Lösung aus der 2. Abth. in die 3. und die der 1. Abth. in die 2., und in die Erde der 1. Abth. tritt wieder eine neue Portion der Lösungssäule ein. Die Lösung in der 1. Abth. verliert zum 1. Male Kali, die in der 2. zum 2. Male, die in der 3. zum 3. Male Kali. In jeder Abtheilung bleibt aber ein Theil des Kali's unabsorbirt, und es wird verhältnissmässig um so mehr absorbirt, als die Lösung eine verdünntere geworden ist. Oeffnen wir so von Minute zu Minute ein Ventil, so fliesst nach 12 Minuten eine Portion der Lösung aus der Röhre ab; diese muss ziemlich arm an Kali sein. Hat sich hierauf die über der Erde stehende Lösungssäule in die Erde hinabgesenkt, so hört unten der Abfluss auf, in der Erde selbst ist aber eine der wasserhaltenden Kraft derselben entsprechende Menge Lösung zurückgeblieben, und es ist leicht einzusehen, dass die in der ersten Abtheilung die Bodenräume füllende Lösung noch eine beträchtliche Concentration, (d. h. im Verhältnisse zur Concentration der angewandten Lösung) haben muss; es ist ja die ursprüngliche Lösung, aus der nur einmal Kali absorbirt wurde. Die in der 2. Abth. zurückgebliebene Lösung enthält weniger Kali und so nimmt die

Menge Kali von Abtheilung zu Abtheilung immer mehr ab, bis sie schliesslich in der 12. sehr gering ist und die abgeflossene Lösung den grössten Theil des Kali's verloren hat. Bei dem Liebig'schen Filtrations-Absorptionsversuche verhält sich die Sache nicht anders: die Abtheilungen unserer idealen Röhre sind in dem Stechheber Erdschichten, die wir uns von beliebiger Dicke denken können. Es ist dieser Erörterung zufolge klar, dass die aus dem Stechheber ablaufende, durch die Erde filtrirte Lösung durchaus verschieden ist von der in der Erde zurückgebliebenen Lösung; diese ist um so concentrirter, als sie sich höher in der Erdschicht des Stechhebers befindet. Liebig hat die Absorptionsversuche falsch interpretirt und kann sein Versuch nicht zur Begründung seiner Ansicht dienen. Es lässt sich aus diesen Versuchen nicht der Schluss ziehen, dass die im Boden befindliche Flüssigkeit gänzlich ihrer Basen und der Phosporsäure beraubt ist, dass sie frei ist von Kali, Ammoniak und Phosphorsäure.

Man würde nun aber sehr irren, wenn man glaubte, dass die einmal absorbirten Stoffe nicht wieder gelöst werden könnten; wie ich früher gezeigt habe sind dieselben auflösbar durch Säuren, Kohlensäure, Humussäuren, durch Salze von Natron, Kalk und Bittererde. Die Salze verdrängen einen Theil der absorbirten Basen aus dem Zeolithen, die Kohlensäure zerlegt die Zeolithe und die sie constituirenden Stoffe gehen in Lösung über, die Bodenlösung wird concentrirter, und wenn nun auch ein Theil der Base von dem unzersetzten Zeolith wieder absorbirt wird, so bleibt doch ein grösserer Theil in der Lösung zurück; man muss nicht vergessen, dass eine Lösung verhältnissmässig um so weniger durch Absorption verliert, als sie concentrirter ist und dass unter gewöhnlichen Verhältnissen die Bodenlösung im Boden nicht wandert und deshalb, an dem Orte ihrer Entstehung verbleibend, nachdem sich Lösung und absorbirendes Mineral in's Gleichgewicht gesetzt haben, nichts weiter verliert. In einem guten Ackerboden ist die Wirkung der Kohlensäure aber auch eine fortdauernde, es wird immer mehr Zeolith zersetzt und die Bodenlösung immer concentrirter. Bei der Zersetzung durch Kohlensäure treten die Alkalien offenbar in der Form der kohlensauren Salze und vielleicht als kieselsaure Salze auf; beide wirken lösend auf die phosphorsaure Thonerde und das phosphorsaure Eisenoxyd. Die Kohlensäure führt die kohlensauren Erden in Lösung über, und diese verdrängen Kali und

andere Basen aus dem Zeolithen. So lange wie die einmal gebildete Lösung unter den herrschenden Verhältnissen bleibt, regenerirt sich aus ihren Bestandtheilen nicht wieder ein Zeolith. Es ist das gerade so, als wenn wir durch Kohlensäure oder Salzsäure einen Zeolithen auflösen; die aufgelösten Bestandtheile des Zeolithen gehen nicht wieder in die ursprüngliche Gestalt zurück; hierzu müssen erst wieder ganz andere Verhältnisse herbeigeführt werden.

Als weiteres Argument für seine Theorie führt Liebig die Drainwässer an. „Die Drainwässer — so lesen wir bei ihm — enthalten alle Stoffe, welche das Regenwasser aus der Ackerkrume aufzulösen vermag, und ihre Zusammensetzung giebt einen Begriff von der Menge derselben, welche eine Pflanze während der Vegetationsperiode aus dieser Lösung möglicher Weise empfangen kann.“ Es ist diese Ansicht nur die Folge von der falschen Interpretation der Stechheber-Absorptionsversuche. In der oberen Schicht ist die Concentration der Bodenlösung weit stärker, als wenn dieselbe durch eine 3—4 Fuss mächtige hungrige Bodenschicht gegangen ist und in dieser durch Absorption ihre gelösten Stoffe zum grössten Theile verlor. Ist die Lösung in der oberen, den grössten Theil der Pflanzenwurzel bergenden Schicht in einem gewissen Grade concentrirt, so wird sie zunächst durch den Regen verdünnt, aus dieser verdünnteren Lösung werden höchstwahrscheinlich von Neuem wieder Stoffe absorbirt; die verdünnte Lösung tritt in tiefere Schichten ein, es werden wieder Stoffe absorbirt, kurz nachdem sie eine 3—4 Fuss tiefe Schicht passirt ist, hat sie den grössten Theil des Kalis, Ammoniaks, der Phosphorsäure u. s. w. verloren; nur jene Stoffe, welche in einem geringeren Grade absorbirt werden, bleiben in dem Drainwasser zurück.

Als besonders beweisend für die Liebig'sche Ansicht werden von der Liebig'schen Schule die Lysimeterversuche angeführt. Das Lysimeter von Fraas besteht aus zwei Gefässen, deren oberes 1 Fuss hoch und mit Erde gefüllt ist; das obere Gefäss steht mit dem durchlöcherten Boden auf einem zweiten Gefäss, welches zur Aufnahme des aus der Erde absickernden Wassers bestimmt ist. Der ganze Apparat ist so in die Erde eingesetzt, dass der obere Rand des oberen Gefässes mit der Bodenoberfläche in gleicher Ebene liegt. Wenn es so stark regnet, dass die Erde in dem oberen Gefässe des Lysimeters mehr Wasser empfängt,

als sie durch Capillarität festzuhalten vermag, so sickert der die capillare Sättigungscapacität übersteigende Theil des gefallenen Regenwassers in das untere Gefäss ab. Das durch den Boden gegangene Wasser enthält Stoffe gelöst, die mit in das untere Gefäss abgeführt werden.

Das dort angesammelte Wasser hat sich nun als sehr arm an Kali ergeben und besass oft nur Spuren von Phosphorsäure. Zöller zog daraus den Schluss: „Es unterliegt keinem Zweifel, die Zusammensetzung der Lysimeterrückstände muss ein Bild abgeben von der Zusammensetzung einer im Boden enthaltenen Lösung. Wenn aber die Analysen ein solches Bild abgeben, so muss die Ansicht aufgegeben werden, dass den Pflanzen ihre Nahrung durch eine Lösung zugeführt wird." Aber das Lysimeterwasser ist weiter nichts als eine verdünnte Bodenlösung, besonders in Bezug auf Kali, Ammoniak und Phosphorsäure.

1. Der Boden enthält, mit Ausnahme zur Zeit eines starken Regens und so lange ein grosser Theil des Wassers nicht wieder fortgedunstet ist, $^1/_{10}$ bis höchstens $^1/_3$ derjenigen Wassermenge, welche vom Boden capillarisch festgehalten werden kann. Fällt nun Regen, so wird zunächst die Lösung verdünnt und es treten alle die Erscheinungen ein, die wir bei dem Stechheber-Absorptionsversuche und bei dem Drainwasser besprochen haben.

2. Ich habe durch Versuche wahrscheinlich gemacht, dass ein Theil des im Lysimeter angesammelten Wassers aus dem wärmeren Boden in das kältere Wassergefäss verdunstet ist. Es nimmt nämlich die Temperatur des Bodens während der Vegetationsperiode um so mehr ab, als wir tiefer im Boden eindringen. So fand ich nach einem zwölfstündigen Regen, und nachdem die Sonne sich dann und wann hatte sehen lassen, am 12. Juli folgende Temperaturen:

in 5	Centimeter	Tiefe	20°,0 C.
„ 10	„	„	17°,5 „
„ 20	„	„	17°,2 „
„ 31	„	„	16°,8 „
„ 40	„	„	16°,5 „

Ein improvisirtes Lysimeter befand sich an dieser Stelle im Boden und musste natürlich die Temperatur der umgebenden Bodenschichten angenommen haben. Nach 4 Tagen, nachdem es wohl etwas geregnet, aber der Boden weit von seiner Sättigung

abblieb, hatte sich im Lysimetergefässe Wasser angesammelt; es konnte dieses Wasser nur durch Verdunstung aus dem Boden in den kälteren Raum des Gefässes dorthin gelangt sein. In Betreff des Näheren verweise ich auf meine Kritik der Lysimeterversuche an dem unten citirten Orte.*)

Das in das Lysimetergefäss verdunstete Wasser verdünnt natürlich die dort vorhandene Lösung.

Um nun auch experimentell zu zeigen, dass durch die Vermehrung des Wassers im Boden die Nahrstofflösung verdünnt wird, habe ich im Verein mit Herrn Dr. Karmrodt einen Versuch mit Torf angestellt. Es wurde Torf mit phosphorsaurem und kohlensaurem Ammoniak und mit kohlensaurem Kali und Natron in solcher Menge vermischt, dass derselbe noch nicht mit diesen Stoffen hinsichtlich der Absorption gesättigt war.**) Hierauf wurde der Torf mit Wasser übergossen und nach längerem Stehen (nach 8 Tagen) ein Theil desselben ausgepresst. Zur Zeit als der Torf ausgepresst wurde, enthielt er noch 112 Procent capillarisches Wasser. Die ausgepresste Torfbodenlösung enthielt Kali, Phosphorsäure u. s. w. in der unter A. angegebenen Concentration; darauf wurde der andere Theil des Torfes mit Wasser bis zur Sättigung übergossen (die Sättigungscapacität war etwa 340 Proc.) und nach 20 Minuten langem Stehen abgepresst. Jetzt hatte die Torfbodenlösung die unter B. angegebene Concentration.

100 CC. der aus dem Torf abgepressten Flüssigkeit enthielt:

	A.	B.
Kieselsäure	0,013 Grm.	0,008 Grm.
Phosphorsäure	0,121 „	0,050 „
Kali	0,043 „	0,016 „
Andere mineralische Stoffe als Natron, Kalk u. s. w.	0,038 „	0,008 „
Summe der Mineralstoffe:	0,215 Grm.	0,082 Grm.

Salpetersäure und Ammoniak wurden nicht mit untersucht, sind aber in grosser Menge, letzteres an Phosphorsäure gebunden, in der abgepressten Bodenlösung zugegen.

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Bd. IV. S. 278.

**) Natur des Torfes, Menge der zugesetzten Salze, Behandlung u. s. w. sind ganz gleich diesen Verhältnissen in dem gleich folgenden Torfversuche.

Der Versuch zeigt also zur Genüge, dass die Bodenlösung durch Verdünnung bedeutend ärmer an Nährstoffen geworden ist. Würde aber erst so viel Wasser zugegossen worden sein, dass es aus dem Torfe abfiltrirte, ähnlich wie die Bodenlösung im Lysimeterversuche, oder hätten wir in das obere Gefäss des Lysimeters den Torf gebracht und vor und nach einem starken Regen die Bodenlösung im Torfe und die abfiltrirte Bodenlösung im unteren Lysimetergefässe untersucht, so würden wir ohne Zweifel nach dem Regen noch weit verdünntere Lösungen gefunden haben. Liebig und Zöller können diesem Versuche nicht den Vorwurf machen, dass der Torf mehr Nährstoffe enthalten habe, als er habe absorbiren können, denn sie selbst hielten einen Torf von gleichem Gehalte an Kali und Ammoniaksalzen für nicht gesättigt.

Herr Dr. Zöller in München wird sich wohl durch diese Zahlen überzeugen, dass seine paradoxen Ansichten über die Beziehungen der Nährstoffe zu der Bodenflüssigkeit denn doch gründlich falsch waren. Dieser Chemiker behauptete dem Verfasser gegenüber Folgendes: „Der Gehalt der Bodenfeuchtigkeit an den absorbirbaren pflanzlichen Nährstoffen ist um so unbedeutender, je geringer der Procentgehalt des Bodens an Wasser sich erweist.“ Nach ihm soll die im Boden enthaltene Lösung durch Regen nicht verdünnt werden. „Die Lysimeterwasser — sagt er — sind keine verdünnten Bodenlösungen;“ der Beweis dafür folgt gleich darauf mit den Worten: „wer eine Analyse zu deuten versteht, wird dieses leicht und sicher schon aus den Lysimeterwasser-Analysen ersehen“.*) Mulder und der Verfasser sind aber nicht geneigt, diese Lysimeterwasser für die aus dem Boden verdrängte unveränderte Bodenlösung zu halten und glaubt der Verfasser trotzdem eben so gut eine Analyse richtig deuten zu können wie die Münchener Herren.

Wenn nun eine Kritik der Absorptionserscheinungen, der Drainwässer und der Lysimeterversuche schon das Irrthümliche in der Liebig'schen Ansicht zeigte, so musste dieses noch mehr durch die früher erwähnten Versuche von Eichhorn und Wunder (vergl. S. 140) hervortreten. Unter Verhältnissen, welche die

*) Wer eine gelungene Probe wilder Dialectik lesen will, schlage Versuchsstationen Band V. S. 40 auf, den gegen den Verfasser gerichteten Aufsatz: „Vegetationsversuche“ von Dr. Ph. Zöller.

Lösung der Nährstoffe in einem hohen Grade beschränkten, wurden Concentrationen der Bodenlösungen erhalten, die nicht unbeträchtlich zu nennen sind. Wäre hierzu noch die Wirkung lösender Agenzien gekommen, so würden die Bodenlösungen ohne Zweifel eine beträchtliche Concentration gezeigt haben, vorzüglich im Eichhorn'schen Versuche. Diese Versuche konnten Liebig nicht unbekannt sein, trotzdem sehen wir ihn aber mit seiner Theorie von Neuem hervortreten. Einen Versuch mit Torf von Zöller und Naegeli hält Liebig für entscheidend zu Gunsten seiner Ansicht. „Die schönen, gemeinschaftlich von den Herren Prof. Naegeli und Dr. Zoeller in dem botanischen Garten in München ausgeführten Vegetationsversuche beweisen auf die schlagendste Weise die Richtigkeit der Schlüsse, zu welchen die Untersuchung der Drain- und anderen Wasser geführt haben. Anstatt wie dies bei allen bis jetzt angestellten Versuchen geschah, eine Pflanze in den Lösungen ihrer mineralischen Nährstoffe zu erziehen, schlugen sie den ganz entgegengesetzten Weg ein, indem sie die Samen der Pflanzen in einem Boden wachsen liessen, der alle ihre Nahrungsstoffe im unlöslichen Zustande enthielt." Mit diesen Worten leitet Liebig die Versuche von Zöller ein, welche dann auch von letzterem gegen den Verfasser in's Feld geführt wurden, um zu zeigen, wie Unrecht er Liebig gethan, als er dessen Ansicht als unwahrscheinlich hinstellte. Der Leser soll selbst darüber entscheiden.

Torfklein (Torfabfälle in Pulverform), welches 4,4 Procent Asche hinterliess und 2,5 Procent Stickstoff enthielt, wurde mit den folgenden Salzen vermischt und zwar kamen auf 9 Litre (ein Litre dieses Torfes wog 324 Grm.):

15 Gramm phosphorsaures Ammoniak,
11 „ kohlensaures Ammoniak,
19 „ kohlensaures Kali und
3 „ kohlensaures Natron.

Das Zusammenbringen des Torfes mit den Salzen geschah auf die Weise, dass die Hälfte des Torfes, angefeuchtet, mit den Ammoniaksalzen, die andere Hälfte mit den Kali- und Natronsalzen mit den Händen auf's Innigste gemischt, und hernach die beiden Hälften ebenso mit einander gemischt wurden. Diesen Torf nennt Zöller 1/1 (ganz) gesättigt, bemerkt aber, dass er noch fünfmal mehr Kali und dreimal mehr Ammoniak habe

absorbiren können, ehe er an diesen Stoffen gesättigt war. Durch Vermischen mit rohem Torf wurde ½ und ¼ gesättigter Torf hergestellt. Gefässe von 8½ Litre Inhalt wurden nun mit Torf gefüllt, mit Bohnen bepflanzt und täglich mit Wasser begossen. Die Erndteergebnisse waren folgende:

	1. Topf. ¹/₁ gesättigt. Gramm.	2. Topf. ¹/₂ gesättigt. Gramm.	3. Topf. ¹/₄ gesättigt. Gramm.	4. Topf. roher Torf. Gramm.
Gewicht der Aussaat	4,055	4,087	3,880	3,965
Gesammtgewicht der trockenen Erndte	233,014	156,792	117,719	20,418

Nun hören wir, welche Schlüsse Liebig und Zöller aus diesem Versuche gezogen haben.

„Ich könnte jetzt füglich schliessen; — heisst es in der Entgegnung, die Zöller auf meine Einwendungen gegen die Liebig'sche Ansicht gegeben hat.*) — der Nachweis, dass die Pflanzen direct von der Ackererde Stoffe aufnehmen können, ist durch die Münchener Versuche geliefert, und eben so, dass in dem Boden, in welchem die Bohnen vortrefflich gediehen, keine von den Pflanzenwurzeln unabhängige Lösung der gegebenen Nährstoffe sich vorfinden konnte; wäre dieses der Fall gewesen, die Pflanzen würden unfehlbar zu Grunde gegangen sein. Das Wasser, mit welchem die Bohnen begossen wurden, und sie wurden jeden Tag begossen, nahm im günstigsten Falle nur Spuren der vom Boden absorbirten Nährstoffe auf."

„Die Landpflanzen werden durch eine im Boden befindliche Lösung der Nährstoffe nicht ernährt, denn eine solche existirt in dem Boden nicht." So liess sich Zöller in einem Vortrage vernehmen, gestützt auf die Resultate des obigen Versuches.**)

Liebig***) äussert sich folgendermaassen über diesen Versuch: „In diesen Versuchen ist zum ersten Mal der Beweis geführt, dass die Pflanzen die ihnen nothwendigen Nährstoffe aus einem Boden, der dieselbe in physicalischer Bindung, d. h. in einem Zustande

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band V. S. 45.

**) Wilda's Landwirthschaftliches Centralblatt. 1862. Band I, S. 56.

***) Annalen der Chemie und Pharmacie. Band CXXI. S. 333 u. f. und letzte Ausgabe seiner „Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur" 2. Th. S. 118.

enthält, in welchem sie ihre Löslichkeit in Wasser verloren haben, aufzunehmen vermögen, und das Verhalten der Ackerkrume und des Culturbodens überhaupt giebt zu erkennen, dass die in diesem enthaltenen Nährstoffe in derselben Form darin zugegen sein müssen, mit dem Unterschiede jedoch, dass die Erdtheile nicht blos als Träger derselben dienen, sondern auch die Quelle derselben sind."

Sehen wir uns nun nach einer Begründung der Zöller'schen und Liebig'schen Schlüsse um, so finden wir bei Zöller keinen Schatten einer Begründung — das Zöller'sche Schlagwort „die Münchener Versuche haben es dargethan", ist wohl nicht als Beweis anzusehen — er verweist einfach auf die Liebig'sche Begründung und diese lautet etwa folgendermaassen: Es ist eine bestimmt bekannte Thatsache, dass wenn Wasser aus einer mit Nährstoffen gesättigten Erde eine gewisse Menge Kali, Ammoniak u. s. w. auflöst, dieselbe Menge Wasser aus einer halb gesättigten nicht halb soviel Kali u. s. w. auflöst als aus der ganz gesättigten u. s. w. Wenn demnach bei dem Torfversuche das Wasser aus dem halb gesättigten ein halbmal soviel Nährstoffe wie aus dem ganz gesättigten, und aus dem viertel gesättigten ein halbmal soviel wie aus dem halb gesättigten hätte auflösen und den Wurzeln zuführen können, so hätten in keinem Falle die Erträge grösser sein können, als dem Gehalte des Bodens an Nährstoffen entsprach, d. h. der Ertrag im halb gesättigten hätte nur halb so gross wie im ganz gesättigten sein können; der Ertrag im halb gesättigten war aber grösser, er betrug 0,69 des Ertrages des ganz gesättigten und im viertel gesättigten betrug er 0,53 des Ertrages des ganz gesättigten. Daraus folgt, dass mehr Nährstoffe aus dem Boden in die Pflanze eingeführt wurden, als das Wasser hätte auflösen können. Wenn ich diese Deduction nun auch anerkennen wollte, so würde daraus nur der Schluss zu ziehen sein, dass ein Theil der in die Bohnen übergegangenen Nährstoffe nicht in dem Wasser gelöst gewesen sei und auf einem besonderen Wege in die Pflanzen eingetreten sein musste; der andere und zwar grösste Theil der in den Bohnen enthaltenen Stoffe konnte aber in dem Wasser gelöst gewesen sein und aus diesem in die Pflanzen eintreten. Rein willkürlich ist aber die Behauptung Liebig's, dass, weil der Deduction zufolge, nicht die ganze Menge der Nährstoffe in dem Wasser gelöst gewesen sein konnte, überhaupt in dem Wasser nichts gelöst gewesen sei,

dass der Boden „alle Nahrungsstoffe im unlöslichen Zustande“ enthalten habe.

Sehen wir uns indess die Deduction selbst etwas näher an. Was die Behauptung betrifft, dass Wasser aus einer halb mit Nahrungsstoffen gesättigten Erde weniger wie die Hälfte als aus einer ganz gesättigten Erde auflöst, so kann das unter Umständen bei einem Extractionsversuche richtig sein; dass aber das Wasser sich in einem mit Vegetation bedeckten Boden nicht anders verhalte als bei einer einfachen Behandlung der Erde mit Wasser, als etwa bei einer Extraction, ist eine Voraussetzung, die auf der Voraussetzung beruht, dass Kohlensäure und andere lösende Agenzien die absorbirten Nährstoffe nicht lösen und nicht in die Bodenflüssigkeit überführen. Die letzte Voraussetzung ist aber offenbar falsch und deshalb ist die erste falsch und die ganze Deduction zerfällt in nichts. Je mehr lösende Agenzien in einem Boden entwickelt werden, um so mehr Nährstoffe werden gelöst, wie ich in einem früheren Kapitel gezeigt habe.

Das ist der Beweis, dass in dem Wasser des Torfes höchstens nur Spuren von Kali, Phosphorsäure und Ammoniak gelöst waren! Wie der Leser leicht einsieht, kann dieser Versuch nur und weiter auch nicht das Mindeste beweisen, als dass der ganz gesättigte Torf den Bohnen zusagte; was in dem Torfe selbst in Bezug auf die Nährstoffe vorgegangen ist, lässt er gar nicht erkennen, das soll aber der folgende im Verein mit Herrn Dr. Karmodt auf der Versuchsstation des rheinpreussischen landwirthschaftlichen Vereins ausgeführte Versuch zeigen.

Eifler Höhentorf, wovon das Litre lufttrocken 343 Gramm wog, dessen Asche 1,67 Proc. der Trockensubstanz betrug, dessen wasserhaltende Kraft Anfangs 231 Proc., nach längerer Einwirkung des Wassers gegen 340 Proc. und dessen Hygroscopicität 24 Proc. war, wurde auf dieselbe Weise wie der Torf im Zöller'schen Versuche präparirt, erhielt dieselben Salze und in demselben Verhältnisse und wurde schliesslich mit Wasser übergossen. Der Versuch wurde mit 3 Litre gemacht. Nach acht Tagen nahmen wir einen Theil des Torfes unter die Presse und pressten eine sauerreagirende, braune, filtrirt hellbraune Flüssigkeit ab, die in 100 CC. folgende Mengen Stoffe gelöst enthielt:

Kali	0,0610 Grm.
Natron	0,0134 „
Ammoniumoxyd .	0,0427 „
Phosphorsäure .	0,0526 „
Salpetersäure . .	0,1344 „
Summa .	0,3041 Grm.

Ausserdem noch etwas Kieselsäure, Kalk, Spuren von Eisen. Die Salpetersäure ist durch Oxydation des Ammoniaks entstanden; in der Lösung befindet sich die Salpetersäure zum Theil an Kali und Natron, die Phosphorsäure an Ammoniak gebunden.

Zur Zeit als der Torf unter die Presse gebracht wurde, enthielt er noch in 100 Theilen 64 Theile Wasser, oder 154 Proc. capillarisches Wasser; in den 3 Litre wären demnach an gelösten Stoffen enthalten gewesen die Mengen unter A; im Zöller'schen Versuche wurden 8½ Litre auf jeden Topf verwendet und wenn wir uns alle Verhältnisse wie in unserm Versuche denken, so würden in dem Topfe mit 1/1 gesättigten Torf die Mengen unter B gelöst gewesen sein.

	A. 3 Litre Torf. Verfasser.	B. 8½ Litre Torf. Zöller.
Kali	0,71 Grm.	2,00 Grm.
Natron	0,16 „	0,44 „
Ammoniumoxyd .	0,50 „	1,41 „
Phosphorsäure .	0,61 „	1,73 „
Salpetersäure . .	1,57 „	4,43 „
Summa .	3,55 Grm.	10,01 Grm.

In dem 1/1 gesättigten Torfe Zöller's wurden geerndtet 93 Grammen Bohnen und 130 Grammen Schoten, Blätter, Stengel und Wurzel, und in acht Tagen waren gelöst worden schon 10 Grm. Nährstoffe. Das waren aber nicht die einzigen Mengen, die in die Torfbodenlösung übergingen; während der Vegetation ging ein Theil dieser Stoffe in die Pflanzen über, andere wurden gelöst, und um so mehr musste während der Vegetation gelöst werden, als sich in dem Torf eine nicht unbeträchtliche Menge Kohlensäure entwickelt. Vergleicht man damit den Aschengehalt der Erndte (wurde von Zöller nicht angegeben) nach Bohnen berechnet, so wird man zur Ueberzeugung kommen, dass in diesem Torfe höchstwahrscheinlich eine directe Aufnahme nicht einmal nöthig war, dass alle Nährstoffe aus der Lösung aufgenommen wurden.

In anderen Versuchen mit 1/1 gesättigtem Torfe ergaben sich ähnliche Resultate, A. bei 112 Proc. capillarischem Wasser nach achttägigem Stehen, B. in einem mit capillarischem Wasser gesättigten Torfe nach vierzehntägigem Stehen, wo aber der auflösende Einfluss der Luft ausgeschlossen war. In 100 CC. wurde gefunden:

	A.	B.
Kali	0,043 Grm.	0,031 Grm.
Kalk, Eisen u. s. w. Natron	0,038 „	—
Phosphorsäure . .	0,121 „	0,108 „
Kieselsäure	0,013 „	
Summa .	0,215 Grm.	

Diesen Versuchen könnte man den Einwurf machen, dass durch den Druck bei dem Pressen absorbirte Stoffe in Lösung übergegangen seien. Die Betrachtung der physicalischen Vorgänge bei einem solchen Pressen lässt einen solchen Einwurf indess gar nicht zu; der grösseren Gewissheit halber haben wir diese Frage auch experimentell geprüft. 1/1 gesättigter Torf wurde mit Wasser gesättigt, vor dem Verdunsten geschützt 14 Tage stehen gelassen, und hierauf ein Theil der Bodenlösung (A) durch die Luftpumpe ausgezogen, ein anderer Theil durch schwaches Pressen (B) und der letzte auspressbare Antheil des Wassers durch starkes Pressen (C) aus dem Torfe entfernt. Die Analyse ergab in 100 CC. dieser Flüssigkeiten in

	A.	B.	C.
Kali	0,030 Grm.	0,033 Grm.	0,031 Grm.
Phosphorsäure	0,112 „	0,107 „	0,108 „

Zahlen, die als übereinstimmend zu betrachten sind. Unsere Versuchsmethode war demnach ganz geeignet, die Bodenlösung aus dem Boden zu entfernen.*)

Die vorstehenden Zahlen zeigen, was von den Liebig'schen und Zöller'schen Schlüssen, die aus dem Torf-Vegetationsversuche gezogen wurden, zu halten ist; es sind vollständig unbegründete Voraussetzungen, sie sind „ein grosser Irrthum." In so weit nun die Liebig'sche Ansicht von der Aufnahme der Nährstoffe

*) Eine ausführliche Mittheilung dieser Versuche findet man in den „Annalen der Landwirthschaft in den Preussischen Staaten." 1864 Januar- und Februarheft.

auf den Mangel der Bodenlösung an Kali, Ammoniak und Phosphorsäure begründet ist, muss sie als unhaltbar angesehen werden.

Zöller führt noch eine andere Reihe von Vegetationsversuchen an, die natürlich auch für die Liebig'sche Ansicht beweisen müssen; aber die Beweisführung ist ganz dieselbe, wie bei dem eben besprochenen Torfversuche; seine Schlüsse sind ebenfalls unbegründete Voraussetzungen, weshalb ich es für überflüssig halte, hier näher darauf einzugehen.

Wenn ich mich bei den vorstehenden Versuchen so lange aufgehalten habe, so werde ich in den Augen desjenigen Lesers, der die Bedeutung dieser Frage zu beurtheilen weiss, gerechtfertigt erscheinen. Liebig hat den vorhin besprochenen Torfversuch in seinen „Naturgesetzen des Feldbaues" als Beweis für seine Ansichten hingestellt, und da war es wohl nöthig, den Landwirthen zu zeigen, welchen Werth dieser Versuch und die daraus gezogenen Schlüsse haben.

Die
Ernährung der Pflanze.

Mit besonderer Berücksichtigung der

Culturgewächse

und der

landwirthschaftlichen Praxis

nach den neuesten Forschungen für Landwirthe und Pflanzenforscher

bearbeitet von

Dr. Wilhelm Schumacher
in Glehn.

Mit 40 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Zweite Abtheilung.

Berlin.
Grg. Ferd. OTTO MÜLLER's Verlag.
1864.

Die Organe der Nahrungsstoff-Aufnahme.

Bei den einfachsten Lager- oder Thalluspflanzen kann von bestimmten aufnehmenden Organen noch nicht die Rede sein; — bei diesen ist in der Regel die ganze Oberfläche zur Nahrungsstoff-Aufnahme geeignet. Bei den einzelligen und fadenförmigen Algen ist höchstwahrscheinlich die ganze Oberfläche der Zellenmembran zur Aufnahme flüssiger Stoffe bestimmt und wird die Aufnahme bei ihnen, weil sie im Wasser leben, eine einfache sein. Einzelne Arten der einzelligen Algen sind zwar nicht als eigentliche Wasserpflanzen zu betrachten, bedürfen jedoch einer recht feuchten Umgebung zu ihrer Entwicklung. Zu diesem Zwecke hüllen die Zellen sich in eine schleimige Masse ein, welche die Feuchtigkeit leicht anzieht. Natürlich ist dieser Schleim aus der Zelle ausgeschieden oder vielleicht aus zersetzter Membransubstanz hervorgegangen, welch letzterer Fall da zu erwarten ist, wo die einzelligen Pflänzchen sich zu Colonien vereinigt finden und durch schnelle Vermehrung sich zu einem Haufen heranbilden, wobei dann die Membran der Mutterzellen sich auflöst und jene Schleimumhüllung bilden kann. So bildet das Nostoc commune faustgrosse Schleimklumpen, die nach Gewitterregen oft plötzlich in Wäldern erscheinen und von den Waldbewohnern als Sternschnuppen angesehen werden, die in der vergangenen Nacht herabfielen. Von einzelligen Algenarten giebt es verschiedene, die anscheinend zwar in Wurzeln und Blätter zerfallen, wie Caulerpa prolifera (Fig. 12. Seite 16). Botrydium argillaceum u. s. w., indem sie in der einen Richtung zu fadenförmigen oftverzweigten, wurzelähnlichen Gebilden auswachsen und in der entgegengesetzten Richtung blattähnliche Gestalten bilden: es ist dies aber nur

Schein, die Blätter und Wurzeln sind einfache Auswüchse Einer Zelle, nicht im entferntesten das, was wir später als Wurzel und Blatt werden kennen lernen. Das wurzelähnliche Gebilde scheint wohl hauptsächlich der Aufnahme flüssiger Nahrungsstoffe zu dienen, während der blattähnliche Theil weniger dazu geeignet sein wird.

Bei den Meeresalgen, den Tangen und Ulven, dient wahrscheinlich ebenfalls die ganze Oberfläche der Aufnahme flüssiger Nahrungsstoffe, wenn auch vielleicht die älteren Partien dieser Pflanzen weniger mehr Theil daran nehmen, weil die Membranen der oberflächlichen Zellenschicht — die Oberhautzellen — in ihrer Permeabilität geschwächt oder gänzlich impermeabel geworden sind. Bei manchen Tangen finden sich zwar da, wo sie an dem Meeresgrunde festsitzen, Wurzeln oder doch wurzelähnliche Gebilde, die aber, wie es scheint, der Pflanze nur als Haftorgane dienen und gewiss für die Nahrungsstoff-Aufnahme von gar keiner oder nur sehr geringer Bedeutung sind.

Bei den Flechten, welche auf Felsen, Baumrinden u. dgl. festsitzen, wird der dem festen Körper anliegende Theil der Zellen, die untere Seite des Thallus nämlich, gelöste Stoffe aufnehmen, wohingegen die Zellen der der Luft ausgesetzten Oberfläche gasförmige Stoffe absorbiren. Doch ist es nicht zu bezweifeln, dass die letzteren auch Wasser aufnehmen, wenn dasselbe mit ihnen in Berührung kommt, z. B. bei dem Regen oder auch bei dem Thauen. Bei manchen Flechten, z. B. in der Gattung Peltigera, entwickeln sich aus der unteren Fläche des blattähnlichen Thallus zahlreiche fadenförmige Gebilde hervor, die sich innig an die Oberfläche des Gesteins anschmiegen und hauptsächlich nur als Haftorgane — Haftfasern — angesehen werden; doch scheinen sie auch ganz besonders zur Aufnahme von gelösten Stoffen von ihrer Unterlage geeignet zu sein.

Die meisten Pilze sind Schmarotzer und nehmen ihre Nahrung von der Pflanze oder dem Thiere, auf welchem sie wohnen. Gewöhnlich nimmt der Pilz mit denjenigen Theilen des Thallus (Mycelium), welche mit den Zellen der Nährpflanze oder des Thieres in Berührung stehen, Nährstoffe auf. So wachsen die Brandpilze in die Wurzeln der Getreidearten hinein, bahnen sich den Weg durch das Gewebe der Pflanze, um an der Aehre wieder zum Vorscheine zu kommen. Da, wo die Pilzzellen sich an die

Zellen des Pflanzengewebes anlegen, entziehen sie den letzteren organische Nährstoffe. Eigenthümlich ist das Erscheinen von Pilzen — Fadenpilzen — auf dem thierischen Organismus. In manchen Verdauungskrankheiten finden sich bei Menschen und Thieren auf der Schleimhaut des Mundes und des Magens Pilze, die sogenannten Soorpilze, welche zwischen den Epithelialzellen der Schleimhaut und in denselben festsitzen und sich über die Oberfläche der Schleimhaut erheben; der Belag der Zunge bei gastrischen Leiden ist weiter nichts als eine Pilzvegetation. Auch bei manchen Hautkrankheiten und Haarkrankheiten ist eine Pilzvegetation zugegen. Jene verheerende Krankheit der Seidenraupen, welche man „Muscardine" nennt, wird durch einen schimmelartigen Pilz hervorgebracht: derselbe entwickelt sich im lebenden Körper der Raupe und führt deren Tod herbei; in dem todten Körper entwickelt er sich erst vollständig und bringt Sporen hervor, die mit gesunden Raupen in Berührung kommend auch auf diese die Krankheit übertragen. Bei vielen höheren Pilzen, besonders den Hautpilzen oder Schwämmen, verbreitet sich das fadenförmige Mycelium wurzelähnlich in der Erde oder in faulendem Holze, kurz in ihrer Unterlage, während das entwickelte Fructificationsorgan sich in die Luft erhebt. Die Schmarotzerpilze leben von den organischen Stoffen jener Pflanzen und Thiere, auf oder in welchen sie wohnen, die meisten übrigen Pilze von den organischen Stoffen faulender Pflanzen und Thiere. Diejenigen Theile des Pflanzenkörpers, welche sich in die Luft erheben, scheinen hier zwar auch gasförmige Stoffe aufnehmen zu können; da bei den Pilzen aber die Lebensthätigkeit eine von den anderen Pflanzen sehr verschiedene ist, so wird sich bei ihnen auch die Aufnahme der gasförmigen Stoffe in qualitativer Beziehung ganz anders verhalten. So sehen wir alle Pflanzen, mit Ausnahme eben der Pilze, Kohlensäure aus der Luft aufnehmen und in ihrem Innern zerlegen; die Pilze hingegen nehmen den Sauerstoff auf und hauchen Kohlensäure aus.

Bei den Laubmoosen wachsen Zellen an der unteren Seite des Stengels zu haarförmigen Gebilden aus, die man wohl als Wurzelhaare ansehen kann und die in ihrer physiologischen Bedeutung der Wurzel gleich zu setzen sind. Diese Wurzelzellen dienen der Aufnahme der flüssigen Stoffe, während die Blätter nur gasförmige Nahrung auf-

nehmen. Die Moosblätter zeichnen sich zuerst durch ihre eigenthümliche Organisation als eigentliche Luftblätter aus.

Bei den Farrnkräutern nun findet sich neben ausgebildeten Luftblättern auch eine echte Wurzel; ich werde die Organisation beider demnächst ausführlicher besprechen.

Die meisten höheren Pflanzen, von den Farrnkräutern an, besitzen Wurzeln und Blätter, besonders die Culturgewächse, durch welche Nahrungsstoffe aufgenommen werden; hierzu gesellen sich zuweilen noch Stengeltheile, sowohl ober- als unterirdische, welche ebenfalls mit an der Zuführung der Nahrungsstoffe Theil nehmen.

Die Blätter, welche von der Luft umfluthet sind, dienen der Aufnahme gasförmiger Stoffe und ist das ihre Hauptfunction; unter gewissen Umständen können sie aber auch gelöste Stoffe und Wasser aufnehmen. Das Regenwasser, welches auf den Blättern hängen bleibt, dringt leicht in die Zellen des Blattes ein; ebenso das Thauwasser, welches auf die Blätter niedergeschlagen wurde und nicht unbeträchtliche Mengen Nahrungsstoffe enthält, z. B. salpetersaures Ammoniak. Es giebt indess auch Blätter, welche nur zur Aufnahme von Wasser und flüssigen Nahrungsstoffen bestimmt sind und deren Organisation wesentlich von der der Luftblätter verschieden ist — Wasserblätter —. Derartige Blätter finden sich immer im Wasser untergetaucht, also nur bei Wasserpflanzen — so bei Ranunculus aquatilis, Hippuris vulgaris, bei Potamogeton-Arten, Trapa natans u. s. w. Ob die auf dem Wasser schwimmenden Blätter mit der auf dem Wasser ruhenden Blattfläche der Aufnahme flüssiger Stoffe dienen, ist nicht ausgemacht, jedoch sehr wahrscheinlich; die obere Seite dieser Blätter nimmt Gase auf. Uebrigens entspricht die Organisation solcher Blätter auf der unteren Fläche den Wasserblättern, auf der oberen Fläche den Luftblättern.

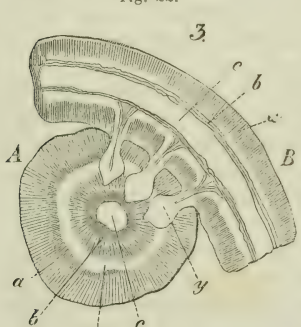
Die Wurzeln vegetiren entweder in Wasser, oder in mit Wasser übersättigtem oder bis zur Sättigung getränktem Boden, oder in einem Boden, welcher nur eine geringere Menge Wasser enthält. Jene ersten findet man bei den schwimmenden Wasserpflanzen, wo die Wurzeln also nur in das Wasser hinabgehen, aber sich nicht im Grunde des Gewässers festsetzen; die zweite Art Wurzeln gehört den Sumpfpflanzen und solchen Wasserpflanzen an, welche mit der Wurzel in den Grund des Gewässers eindringen, die ausserdem aber auch noch echte Wasserwurzeln

besitzen können. Die letzte Art des Vorkommens der Wurzeln finden wir bei den Landpflanzen und heissen die Wurzeln hier auch wohl Bodenwurzeln. Unsere Culturpflanzen besitzen ausschliesslich Bodenwurzeln; viele Landpflanzen und selbst viele von den Culturpflanzen können jedoch in Wasserpflanzen umgeändert werden, indem man sie in wässrigen Lösungen vom Keime an erzieht; sie besitzen dann natürlich auch nur Wasserwurzeln. Der Reis, die Culturpflanze südlicher Himmelsstriche, ist als eine Wasserpflanze oder richtiger als eine Sumpfpflanze anzusehen, da sie nur in einem stets mit Wasser durchtränkten und übersättigten Boden gedeiht.

Bei einigen Pflanzen ist der unterirdische Stengel — das Rhizom — das alleinige aufnehmende Organ für die flüssigen Nahrungsstoffe, so bei Epipogum, dessen in feuchter Erde wachsendes Rhizom ohne alle Wurzeln ist; die Oberhaut dieses Rhizoms ist aber so organisirt, dass die Aufnahme flüssiger Stoffe aus dem Boden ermöglicht wird.

Bei den phanerogamen Schmarotzerpflanzen senkt sich in der Regel die Wurzel in das saftleitende Gewebe, in das Cambium der Nährpflanze. Aus dem keimenden Mistelsamen dringt die junge Wurzel in die Rinde der Nährpflanze ein, verbreitet sich in dem Parenchym derselben seitlich und schickt nun da, wo der Holzkörper der Nährpflanze Markstrahlen bilden sollte, Senker in den Stamm hinein.

Fig. 22.



Bei Cuscuta verhält sich die Sache etwas anders. Der auf die Erde ausgestreute Samen keimt und schickt die Radicula in die Erde; nur wenn die Keimpflanze zufällig an einer Nährpflanze liegt, schmiegt sie sich fest an deren Stengel an, sendet Saugwurzeln in das

Fig. 22. Ein kleines Stück der Cuscuta verrucosa (B) mit ihrer Nährpflanze (A), einer Cestrum-Art, verbunden. B als Längsschnitt, A als Querschnitt, a die Rinde, b Holzring, c das Mark, x Cambiumring, y die Saugwurzel des Schmarotzers; a, b u. c sind für A u. B gleichbedeutend. (5 mal vergrössert.)

Gewebe desselben, und nun weiter wachsend umschlingt sie den Stengel und vereinigt sich durch Saugwurzeln mit demselben an den verschiedensten Stellen. Fig. 22 zeigt, wie die Saugwurzeln in das Gewebe (Cambium) des Stengels der Nährpflanze eindringen. Der Same der Orobanche keimt in der Erde und nur diejenige Keimpflanze, welche in ihrem jugendlichen Zustande mit der Wurzel der Nährpflanze in Berührung kommt, entwickelt sich weiter, die übrigen gehen zu Grunde. Das winzige Keimpflänzchen, auf der Wurzelrinde liegend, empfängt von dieser Nahrung und wächst, wobei das untere Ende seiner Axe anschwillt; in diese Anschwellung wächst dann von der Wurzel der Nährpflanze aus ein Seitenwürzelchen hinein. Bei der Orobanche wächst also nicht eine Saugwurzel in die Nährpflanze, sondern eine Nebenwurzel der Nährpflanze wächst in die Anschwellung (Bulbus) des Schmarotzerstengels hinein.*)

Ob die vorhin genannten Schmarotzerarten mit ihren Wurzeln nur organische Stoffe dem Safte der Nährpflanze entziehen, oder ob sie auch anorganische Nährstoffe aus dem Safte der Nährpflanze und von aussen aufnehmen und assimiliren, ist nicht genau bekannt; für Orobanche und Cuscuta, sowie für alle Schmarotzer mit schuppenförmigen Blättern, ist es gewiss nicht anzunehmen, bei dem Viscum, das schon vollkommene Blätter entwickelt, dürfte eine eigene Assimilation nicht unwahrscheinlich sein.

Viele tropische Pflanzen senden von ihren oberirdischen Stengeltheilen Wurzeln in die Luft, und glaubt man allgemein, dass dieselben zur Aufnahme von gasförmigen Stoffen und Wasserdunst bestimmt seien. Es ist dies aber jedenfalls ein Irrthum: Wassergas vermögen sie ganz bestimmt nicht aufzunehmen, denn wie ich in einem der folgenden Kapitel nachweisen werde, ist das eine physicalische Unmöglichkeit; dagegen kann wohl die Aufnahme sonstiger gasförmiger Stoffe stattfinden, sie muss aber unbedeutend sein, weil die Luftwurzeln gegenüber der grossen Oberfläche der Luftblätter eine viel zu geringe Oberfläche besitzen, um einen auch nur einigermaassen wesentlichen Effect bei der Ernährung hervorbringen zu können. Offenbar dienen sie nur zur Aufnahme tropfbarflüssigen

*) Viscum (Mistel) ist der Schmarotzer unserer meisten Obst- und Waldbäume. Cuscuta, eine windende Schmarotzerpflanze, auf Lein (C. Epilinum), auf Hopfen (C. europaea), auf Luzerne (C. suaveolens). Orobanche, Sommerwurz, auf den Wurzeln von rothem Klee (O. minor und amethystea), auf Luzerne (O. rubens), auf Hanf und Tabak (O. ramosa).

Wassers, welches mit ihnen in Form von Regen oder von Thauwasser in Berührung kommt. Es scheint dies schon aus dem Umstande geschlossen werden zu dürfen, dass diese Luftwurzeln sich nur in Gegenden mit thaureichen Nächten und in der Regenzeit, überhaupt an feuchten, dunkeln Orten entwickeln. Auf den canarischen Inseln z. B. entwickeln sich die Luftwurzeln des Laurus canariensis erst mit dem ersten Herbstregen und vertrocknen im Sommer. Bei vielen Pflanzen scheinen die Luftwurzeln Thauwurzeln zu sein — bei tropischen Orchideen z. B. — die das niedergeschlagene Thauwasser und natürlich auch die in ihm gelösten Nahrungsstoffe einsaugen.

Bei den meisten höherorganisirten Pflanzen, besonders bei den Culturpflanzen, stellen sich uns die Wurzeln als die Aufnahme-Organe für die flüssigen Nahrungsstoffe und die Blätter als die Aufnahme-Organe für die gasförmigen Nahrungsstoffe dar.

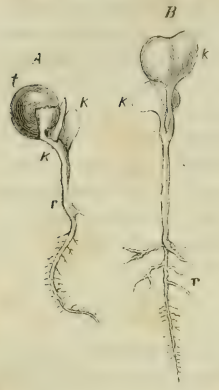
Die Wurzel.

In dem Keime befinden sich die in den beiden Hauptrichtungen, nach unten und nach oben, wachsenden Pflanzentheile vorgebildet; sie stellen sich uns als Stammknospe und Wurzelknospe dar. Bei den Dikotyledonen ist die Wurzelknospe das fortbildungsfähige Ende desjenigen Theiles des Keimes, welcher Radicula oder Würzelchen genannt wird; bei den Monokotyledonen ist die Radicula ein Gewebe, in welchem sich die Wurzelknospen entwickeln. Alle Dikotyledonen keimen mit einer Hauptwurzel, welche aus der Radicula durch einfache Verlängerung hervorwächst; diese erste Hauptwurzel wächst zur Pfahlwurzel aus und aus ihrem Gewebe wachsen die Nebenwurzeln hervor. Den Monokotyledonen fehlt eine Hauptwurzel oder Pfahlwurzel; die in dem Gewebe der Radicula angelegten Wurzelknospen entwickeln sich zu Nebenwurzeln (Fig. 24). Die Wurzelbildung ist damit bei den phanerogamen Pflanzen eine verschiedene. Wir wollen hier besonders die Wurzelbildung der Culturpflanzen etwas näher in's Auge fassen.

Bei dem in der Erde liegenden Rapskorne, um ein Beispiel für eine dikotyledone Pflanze zu wählen, entwickelt sich zuerst das Würzelchen, und die äusseren Hüllen des Samens durchbrechend wächst es nach unten (Fig. 23 r r). Der obere Theil des Keimes streckt sich, hebt die Samenlappen, von den äusseren Hüllen noch umschlossen, über den Boden; es entwickeln sich nun die Samen-

lappen (kk). zerreissen die Samenhülle und werfen sie dann ab. Das junge Pflanzwürzelchen bedeckt sich gleich Anfangs, besonders in einem lockeren feuchten Boden, mit feinen Wurzelhärchen, während aus seinem oberen Theile bald Nebenwürzelchen hervortreten.

Fig. 23.



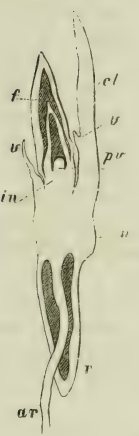
Auf dieselbe Weise wie der Raps entwickeln sich die meisten dikotyledonen Pflanzen, nur mit dem Unterschiede, dass bei vielen Pflanzen die Samenlappen nicht über den Boden gehoben werden.

Bei den Cerealien entwickeln sich Anfangs gleich einige Nebenwürzelchen (Fig. 24 ar), welche sich sehr bald verästeln. Das erste Stengelglied (in) entwickelt sich dann und mit ihm das erste Blatt, welches aber scheidenartig bleibt und das erste Stengelglied umschliesst (v). Hierauf bildet sich das zweite Stengelglied aus und streckt sich um so länger, als der Same tiefer in der Erde liegt, und reicht bis dicht unter die Oberfläche, wo es in den zweiten Knoten übergeht; es bleibt immer fadenförmig dünn. Wenn der Same sehr tief liegt, so wird auch wohl das dritte Stengelglied mit in die Streckung hineingezogen und entwickelt sich ebenfalls nur fadenförmig. Erst dasjenige Stengelglied, welches aus dem dicht unter der Oberfläche liegenden Knoten hervorgeht, wird breit angelegt, bleibt aber kurz, so dass sein oberer Knoten sich dicht über der Oberfläche befindet. Diese beiden Knoten sind es, aus deren Keimlager (fortbildungsfähigem Urparenchym) sich der grösste Theil der Nebenwurzeln und die grösste Masse des Wurzelwerkes entwickelt. Man nennt sie Kronwurzeln. Die aus dem ersten Wurzelknoten am Samen sich entwickelnden Nebenwurzeln sind in ihrer Gesammtheit in der Regel nicht beträchtlicher als eine einzige Nebenwurzel aus dem zweiten und dritten Knoten.

Fig. 23. Junge Rapspflänzchen. A hat die Samenschale noch nicht ganz abgeworfen, t Samenschale, kk Samenlappen, r Würzelchen mit Wurzelhaaren. B weiter entwickelt, kk Samenlappen, r Würzelchen, verästelt.

Die Fortentwicklung der dikotyledonen Wurzel besteht in einer Neubildung von Nebenwurzeln, aus diesen Nebenwurzeln entwickeln sich Nebenwurzeln zweiter Ordnung u. s. w., jedoch ist die Entwicklung der Nebenwurzeln für die verschiedenen Pflanzen an bestimmte Grenzen gebunden. Bei den Bäumen und baumartigen Pflanzen scheint die Nebenwurzelbildung eine unbeschränkte zu sein. Die Nebenwurzeln sowohl wie die Pfahlwurzel dieser Pflanzen nimmt bedeutend an Dicke zu, verbreitet sich weit und tief im Boden und jede Nebenwurzel kann wieder neue Nebenwurzeln entwickeln. Bei den krautartigen Gewächsen bilden sich in der Regel nur Nebenwurzeln erster Ordnung, die zweiter Ordnung findet man selten. Aus den Nebenwurzeln treten dünne Wurzelfäden hervor, welche gewöhnlich nur einmal Seitenfädchen bilden. Die Enden der Wurzelfäden erster und zweiter Ordnung, sowie auch die Enden aller Nebenwurzeln und der Pfahlwurzel, in so fern sie unverletzt sind, tragen an ihrem Ende ein fortbildungsfähiges Parenchym und ist der jüngere Theil dieser Wurzeln mit Haaren besetzt.

Fig. 24.

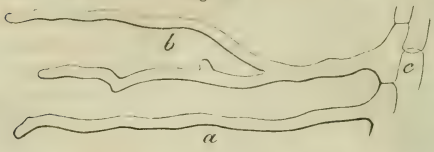


Der anatomische Bau der Wurzeln ist von dem des Stammes in seinen wesentlichen Theilen nicht verschieden. Wir unterscheiden daselbst ebenfalls Mark- und Rindenparenchym und Leitzellenbündel. Die letzteren, aus den verschiedensten Leitzellen und Gefässen bestehend, gehen bis in die feinsten Wurzelfädchen hinein. Die Wurzeln sind nach aussen von einer eigenthümlichen Oberhaut — Epiblema — umschlossen, deren Zellen im jugendlichen Zustande sehr permeable Membranen besitzen und die zum Theil zu einzelligen Haaren auswachsen. Diese Haare bekleiden nur den jüngeren Theil der Wurzel, besonders der Wurzelfäden, und sind bei den meisten Gewächsen einfache Schläuche, bei einzelnen Pflanzen sind

Fig. 24. Durchschnitt eines Haferkornkeimlings. r Radicula, n 1. Knoten, in 1. Stengelglied, vv 1. scheidenförmiges Blatt, f 2. Blatt, unentwickelt, pv Vegetationskegel oder Terminalknospe, ct Samenlappen ar 1. Nebenwürzelchen, aus dem 1. Knoten hervorgewachsen. (8 mal vergrössert.)

sie jedoch auch verzweigt. Von unseren Culturgewächsen ist es Brassica Rapa, welches viele verzweigte Wurzelhaare besitzt. An den älteren Theilen der Nebenwurzeln und Wurzelfäden sterben die Wurzelhaare ab und die Epiblemazellen verkorken auf der äussern Seite. An der Spitze einer jeden Wurzel findet sich ein Ueberzug von lufthaltigen Zellen — die Wurzelhaube —, welche als abgestorben zu betrachten sind und in den Lebensprocessen der Pflanze keine Rolle mehr spielen. Früher nannte man diese Wurzelhaube Spongiola oder Wurzelschwämmchen und hielt sie für die eigentlichen aufnehmenden Organe. Das wesentlichste aufnehmende Organ der Wurzel ist aber das unverkorkte Epiblema mit den Wurzelhaaren; in diese treten die Stoffe zuerst ein; von hier wandern sie dann in das Rindenparenchym und gelangen zu den Leitzellen, in welchen sie am leichtesten den Weg durch den Pflanzenkörper machen können.

Fig. 25.



Während die Pfahlwurzel in die Tiefe eindringt, verbreiten die Nebenwurzeln sich mehr nach den Seiten hin; beide bedingen die grössere räumliche Verbreitung des Wurzelwerkes im Boden. Von den Nebenwurzeln aus gehen die Wurzelfäden nach allen Seiten hin durch den Boden; die räumliche Verbreitung der letzteren ist in der Regel zwar eine beschränkte (selten geht sie über einige (3—4) Zolle hinaus, die längsten Wurzelhaare findet man noch bei Klee) da ihre Entwicklung aber eine numerisch bedeutende ist, durchdringen sie ein Stückchen Erde vollständiger und kommen mit derselben an vielen Punkten in Berührung. Wie vorhin bemerkt wurde, besitzen sie hauptsächlich die aufnehmenden Organe, das Epiblema mit den Wurzelhaaren, und bringen dieselben mit dem Boden und den Nahrungsstoffen in vielfache Berührung. Die Wurzelfäden sind übrigens sehr vergänglich; nachdem sie eine zeitlang thätig gewesen sind, sterben sie ab, während an anderen Punkten der Nebenwurzel, vorzüglich an deren jüngsten wachsenden

Fig 25. Wurzelhaare von Opuntia Ficus indica. a unverzweigtes, b verzweigtes Wurzelhaar, c Parenchymzellen der Rinde. (150 mal vergrössert.)

Theilen immer neue Wurzelfäden hervortreten. Wer den älteren Namen Saugwurzeln beibehalten will, wird diese Bezeichnung also den Wurzelfäden beizulegen haben.

Bei vielen Pflanzen bleibt die Pfahlwurzel in der Entwicklung hinter den ältesten Nebenwurzeln zurück, wie bei den Faserwurzeln, oder erreicht doch nur deren Stärke, wie bei Raps und andern Brassica-Arten. Bei andern Pflanzen wächst die Pfahlwurzel weiter fort und sendet immer neue Nebenwurzeln aus, wie beim Lein, Buchweizen, Salat. Bei einer grossen Reihe von Gewächsen schwillt die Pfahlwurzel in ihrem oberen Theile an, indem ihr Gewebe daselbst bedeutender entwickelt wird und sich fleischicht umgestaltet, hierher gehören alle Rübengewächse. Runkelrübe, weisse Rübe, Möhre, Radiese u. s. w. Noch andere Pflanzen besitzen eine solche Gewebsentwicklung in den Nebenwurzeln, wobei dieselben Knollen, wie bei der Batate, bei Dahlia Georgine, Ranunculus Ficaria u. s. w.*) bilden.

Da bei den monokotyledonen Pflanzen die Pfahlwurzel fehlt, fällt das Hauptgewicht auf die Nebenwurzeln, welche sich aus dem unteren Theile des Stammes entwickeln. Bei den zwiebelartigen Gewächsen gestaltet sich dieser Stammtheil zu der sogenannten Wurzelscheibe, welche die Wurzeln aussendet und zwar finden wir bei den meisten einheimischen Zwiebelgewächsen nur stärkere Wurzelfäden, nur bei einigen wirkliche Nebenwurzeln. Bei den Cerealien treten aus den oberflächenahen Knoten mehr oder weniger Nebenwurzeln hervor, welche in der Regel reich an Wurzelfäden und Wurzelfädchen sind; diese Wurzeln bilden sogenannte Faserwurzeln. Bei den Gräsern findet man oft nur Wurzelfäden, die sehr reich an Seitenästchen sind und dann in grosser Zahl hervortreten.

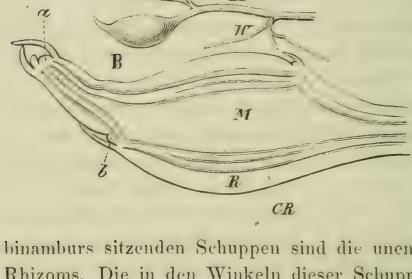
Bewurzelung des Rhizoms. Das Rhizom ist ein unterirdischer Seitenzweig des Stengels, an welchem sich jedoch die Blätter nur schuppenförmig entwickeln. Die aus dem Samen gewachsene, primäre Pflanze sendet in einem gewissen Stadium der Entwicklung aus dem unterirdischen Theile des geradeaufstrebenden Stengels Seitenzweige aus, die sich bewurzeln und schuppenförmige Blätter bilden. Diese Seitenzweige sind die Rhizome. Stirbt die

---

*) Die Knollen der Kartoffeln und des Tombinamburs sind nicht hierher zu rechnen, es sind dies echte Stengelorgane, keine Wurzeln.

primäre Pflanze ab, so entwickelt sich das Rhizom selbstständig weiter und aus den Blattwinkeln treten Knospen hervor, welche zum Theil nach oben zu neuen Pflanzen auswachsen. Bei den Rhizomen entwickeln sich aus den Blattwinkeln ebenfalls nach unten Wurzeln (Fig. 26). Rhizombildung findet sich bei vielen monokotyledonen Pflanzen, besonders bei den Gräsern. Viele der perennirenden Ackerunkräuter besitzen Rhizome und sind dadurch so lästige, schwer vertilgbare Feinde des Landwirthes; ich nenne nur die Quecke (Triticum repens). Bei den dikotyledonen Culturpflanzen sind es Kartoffeln und Tombinambur, welche durch Rhizome fortgepflanzt werden. Bei den letztgenannten Gewächsen schwellen die letzten Glieder des Rhizoms oder seiner Seitenzweige an und entwickeln sich zu Knollen (Fig. 26). Die auf den Knollen der Kartoffeln und des Tombinamburs sitzenden Schuppen sind die unentwickelten Blätter des Rhizoms. Die in den Winkeln dieser Schuppen sitzenden Knospen bilden sich später wieder zu neuen Rhizomen aus (Kartoffelkeime), aus welchen die neue Pflanze hervorwächst. Bei vielen Gräsern entwickeln sich aus den Rhizomen nur Wurzelfäden, bei den Kartoffeln und den Tombinambur jedoch Nebenwurzeln.

Fig. 26.



Die Rhizome selbst nehmen bei den allermeisten Pflanzen an der Nahrungsstoffaufnahme gewiss keinen oder vielleicht im ganz jugendlichen Zustande nur einen geringen Antheil.

Die Bewurzelung der Stolonen müssen wir noch mit einigen Worten berühren. Bei manchen Pflanzen, z. B. bei der Erdbeere (Fragaria vesca), entwickeln sich aus dem Stamme oder Stengel oberirdische aber niederstrebende Seitenzweige, die sich an die

Fig. 26. A eine ganz junge Kartoffelknolle. W die aus der Achsel eines schuppenförmigen Blattes hervortretenden Wurzeln des Rhizoms. B ein vergrösserter Längsdurchschnitt durch die Mitte der jungen Knolle, a die Endknospe der Knolle, b eine Achselknospe. CR der Verdickungsring, M Mark, R Rinde. (6 mal vergrössert.)

Erde anlegen. Da wo dieselben mit feuchter Erde in Berührung kommen, entwickeln sich aus den Blattwinkeln Wurzeln, die in die Erde eindringen und sich dort verzweigen. Solche Seitenzweige heissen Ausläufer oder Stolonen. Dort wo ein Stolo Wurzeln entsendet, wächst gewöhnlich auch nach oben eine neue Pflanze hervor, die sich, wenn auf beiden Seiten der Stolo abgeschnitten wird, selbstständig weiter zu entwickeln vermag.

Adventivwurzeln. Viele Pflanzen haben das Vermögen aus dem unteren Theile ihres oberirdischen Stengels, wenn derselbe mit feuchter Erde in Berührung kommt, Wurzeln zu entwickeln. Unter den Culturpflanzen haben diese Eigenschaft vorzugsweise Raps und andere Brassicaarten, Buchweizen, Kartoffeln, Bohnen (Phaseolus), und Pferdebohnen (Vicia). Auch bei den Cerealien kommt Aehnliches vor: bei ihnen sitzt die Adventivwurzelbildung an den Knoten, und es entwickeln sich nicht nur aus den beiden dicht unter und über der Oberfläche liegenden Knoten Nebenwurzeln, sondern auch noch aus höher liegenden. Es erfordert diese Wurzelbildung natürlich ebenfalls die Berührung mit feuchter Erde. Es scheint indess, dass die Adventivwurzelbildung der meisten Cerealien von keiner besonderen Bedeutung ist. Bei den dikotyledonen Gewächsen ist die Adventivwurzelbildung nicht an bestimmte Punkte gebunden wie bei den Monokotyledonen. Bei vielen rübenartigen Gewächsen erhebt sich ein Theil der verdickten Pfahlwurzel über die Erde und findet dann an diesem Theile keine Bewurzelung Statt; es treten aber auch hier Wurzeln hervor, wenn der entblösste Rübentheil mit Erde umgeben wird — Wurzeln, die freilich nicht zu den Adventivwurzeln gezählt werden dürfen. Pflanzen, welche ein starkes Adventivwurzelsystem zu entwickeln vermögen, eignen sich ganz besonders zur Behäufelung; Pflanzen hingegen, denen das Vermögen der Adventivwurzelbildung abgeht, werden durch die Behäufelung nur Schaden nehmen. Bohnen, Pferdebohnen, Raps, Buchweizen, die Kohlarten, Salat, Kartoffeln können mit ausgezeichnetem Erfolge behäufelt werden. Auch bei den rübenartigen Gewächsen mit zum Theil entblösstem Rübenkörper dürfte eine Behäufelung nicht ohne Nutzen sein. Bei der Behäufelung liegt um den unteren Theil des Stengels bei den erst genannten Pflanzen eine ziemlich stark aufgelockerte der Luft zugängliche Erde, und bei einem solchen physicalischen Zustande der Erde ist nicht nur

die Lösung der Nährstoffe eine reichliche, sondern die Wurzeln entwickeln sich darin auch besser und senden eine grössere Menge von Wurzelfäden aus, so dass die Aufnahme der Nährstoffe bedeutender wird. Bei der Behäufelung der Kartoffeln entwickeln sich in die angehäufelte Erde nicht nur Adventivwurzeln in Menge hinein, sondern auch neue Seitenzweige — Rhizome — und ist in dieser gelockerten Erdschicht die Knollenbildung am stärksten. Auf alle die Vortheile der Behäufelung werde ich in einem späteren Kapitel zurückkommen.

Das Wachsen der Bodenwurzeln. Wie früher schon angedeutet wurde, geschieht die Fortbewegung der Wurzel im Boden, ihre Weiterverbreitung, durch das Wachsen an der Wurzelspitze, indem in dem Urparenchym daselbst eine beständige Zellenvermehrung stattfindet. Die wachsende, sich ausdehnende Wurzelspitze schiebt sich zwischen die Bodentheilchen, und es ist klar, dass die Wurzel sich um so leichter im Boden verbreiten kann, als derselbe lockerer ist, als seine Theilchen weniger fest aneinander haften. Aus der jungen Wurzelspitze entwickeln sich ebenfalls fortwährend neue Wurzelhaare, welche in die Zwischenräume des Bodens hineinwachsen und sich an die Bodentheilchen anlegen. Am älteren Theile der Wurzel, der Pfahl- und Nebenwurzel sowohl als der Wurzelfäden, ist das Epiblema impermeabel geworden und vermag keine Nahrungsstoffe mehr aufzunehmen; ebenso sterben daselbst die Wurzelhaare ab. Bei vielen Pflanzen, besonders bei den in lockerem Boden wachsenden Culturpflanzen, erhalten sich die Wurzelhaare länger und man sieht den grössten Theil des Wurzelfadens mit Haaren bedeckt; unzweifelhaft vermögen auch diese älteren Wurzelhaare noch Nahrungsstoffe aufzunehmen, denn es lässt sich unter dem Mikroscope keine Cuticularisirung oder Verkorkung ihrer Membran wahrnehmen, auch findet man den Zelleninhalt derselben nicht wesentlich von dem der jüngeren Wurzelhaare verschieden.

Fortwachsen der Wurzelspitze und die Neubildung von Wurzelhaaren an den wachsenden Wurzelspitzen, besonders der Wurzelfäden und ihrer Verzweigungen, ist das Hauptmoment der Aufnahme der pflanzlichen Nahrungsstoffe. Dadurch werden unter günstigen Verhältnissen an alle Punkte der Bodenkrume aufnehmende Organe gebracht und eine reichliche Aufnahme von Nahrungsstoffen wird in Folge dessen ermöglicht.

Die an oder vor der Wurzelspitze sich befindende Bekleidung von lufterfüllten Zellen — die Wurzelhaube — sah man früher als die eigentlichen aufnehmenden Organe an und nannte sie Wurzelschwämmchen oder Spongiola; hier und da ist auch heute noch diese irrige Ansicht in Geltung, spricht doch ein namhafter Agriculturchemiker noch immer von den Wurzelschwämmchen als aufnehmenden Organen. Schon der Umstand, dass die Zellen der Wurzelhaube Luft enthalten, beweist zur Genüge, dass sie der Aufnahme nicht dienen können: denn in lufterfüllten Zellen kann keine Diffusion stattfinden und ohne Diffusion ist die Aufnahme flüssiger Stoffe nicht möglich.

Wasserwurzeln. Bei Wasser- und Sumpfpflanzen, also bei allen Pflanzen, welche in einem mit Wasser übersättigten Boden oder in Wasser vegetiren, bilden sich Wurzeln, welche etwas verschieden von den Wurzeln der Landpflanzen sind. Man kann die Wasserwurzeln sehr schön an Pflanzen studiren, welche man vom Keime an in verdünnten wässrigen Lösungen vegetiren lässt. Die Wasserwurzeln sind in der Regel dünn und vielverzweigt, sie gleichen den vielverzweigten Wurzelfäden der Landpflanzen; die feineren Seitenwurzeln, den Wurzelfäden der Landpflanzen entsprechend, sind gewöhnlich sehr lang und deren Zellen sowie die Wurzelhaare grösser wie bei den Landpflanzen. Auch ist der Gehalt an eiweissartigen Stoffen in den grösseren Zellen der Wasserwurzel geringer wie bei den Landpflanzen. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man einen in Wasser oder in einer verdünnten Salzlösung gewachsenen Wurzelfaden mit Zucker und Schwefelsäure behandelt, wodurch derselbe roth wird; auf gleiche Weise mit dem Wurzelfaden aus einem guten Boden verfahren, erkennt man an der tieferen Nuance des Roth desselben, dass in ihm ein grösserer Gehalt von eiweissartigen Substanzen zugegen sein muss als bei dem ersteren. Was die Ausdehnung und Längsstreckung der Wurzeln betrifft, so gilt das vorhin Gesagte jedoch nur für Wurzeln, welche in sehr verdünnten Salzlösungen oder in reinem Wasser gewachsen sind. Je concentrirter die Lösung ist, um so zusammengezogener ist das Wurzelwerk, d. h. um so kleiner sind die Zellen und um so geringer ist die Ausdehnung des Wurzelwerkes. Ich werde auf diesen Gegenstand später ausführlich zurückkommen. Auch im Boden scheint die

Concentration der Bodenlösung von Einfluss auf die Entwicklung der Wurzeln zu sein.

Während die Wurzeln der Landpflanzen immer Luft enthalten, welche man häufig genug in älteren, vielleicht unthätig gewordenen Wurzelhaaren in Form von Luftblasen unter dem Mikroscope beobachten kann, findet man dies bei Wasserwurzeln nie.*)

Die Wasserwurzeln, wenn sie in einen nicht mit Wasser gesättigten Boden kommen, wenn man also eine in Wasser oder wässriger Lösung gezogene Landpflanze in den Boden versetzt, können ihre Functionen nicht mehr in gehöriger Weise verrichten; die Wurzelfäden, besonders die jüngeren Theile derselben und die Wurzelhaare sterben ab, aus den Wurzelfäden oder aus den Nebenwurzeln entwickeln sich sofort aber wieder neue Wurzelfäden und neue Nebenwurzeln hervor. Ebenso verhält es sich umgekehrt; versetzt man eine Landpflanze in Wasser oder in wässrige Lösungen, so sterben alsdann die Wurzelhaare und die jüngeren Theile der Wurzelfäden, oft sogar die ganzen Wurzelfäden ab, und an ihrer Stelle bilden sich neue. Kurz die Wasserwurzel kann sich nicht dem Boden, die Bodenwurzel nicht dem Wasser accomodiren, ohne die aufnehmenden Organe umzuändern. Bei dem Verpflanzen der Gewächse ist auf diese Eigenthümlichkeit der Wurzel ein besonderes Gewicht zu legen. Worauf diese Erscheinungen beruhen, ist bis jetzt noch nicht recht aufgeklärt.

Bodenwurzeln. Wenn man eine in Wasser gezogene Pflanze so in eine mit Wasser oder wässriger Lösung zum Theil gefüllte Flasche einsetzt, dass nur der untere Theil der Wurzel in's Wasser taucht, während der andere Theil sich über dem Wasser in dem mit Feuchtigkeit gesättigten Raume der Flasche befindet, so entwickeln sich an dem letzten Orte ebenso gut Wurzelhaare aus den Wurzelfäden wie in dem Wasser, ja es bilden sich bei den meisten Pflanzen sogar neue Wurzelfäden. Die so entstandenen Wurzelhaare sind verhältnissmässig sehr gross und bedecken den Wurzelfaden ziemlich dicht. Sobald diese in feuchter Luft entwickelten Wurzelfäden und Wurzelhaare in Wasser untertauchen, gehen sie zu Grunde; es genügt bei manchen Pflanzen schon ein Untertauchen von ½ Stunde, um die Fäden, wenigstens ihre jüngsten Theile, und die Wurzelhaare, auch wenn sie aus dem

*) Ich sah dies in einer auffallenden Weise bei Lamium album, welches auf einem sehr lockern humosen Sandboden gewachsen war.

Wasser herausgezogen werden, zu Grunde zu richten. Umgekehrt schrumpfen auch die im Wasser erzeugten Wurzelfäden, an ihren jüngeren Theilen zum mindesten, und die Wurzelhaare ein und gehen zu Grunde, wenn sie ausser Berührung mit Wasser und in eine mit Feuchtigkeit gesättigte Luft kommen. Derartige Zustände müssen auch im Boden vorkommen. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist ein Theil der Capillarräume des Bodens mit Wasser, ein anderer Theil aber mit Luft erfüllt und dem entsprechend sind wahrscheinlich auch die Wurzelfädchen und Wurzelhaare gebildet; in den Bodenpartien und Capillarräumen, die mit Wasser gefüllt sind, müssen wir Wurzelhaare finden, die eben in Wasser oder wässriger Lösung zu leben vermögen, die eine Umgebung von Wasser vertragen können; in denjenigen Bodenpartien und Bodenräumen aber, die frei von capillarischem Wasser und nur mit feuchtigkeitsgesättigter Luft erfüllt sind, müssen sich die oben beschriebenen Luftwurzeln erzeugen. Aendert sich der Wassergehalt des Bodens, so müssen demgemäss auch die Wurzelhaare sich umgestalten. Regnet es und füllen sich die luftführenden Bodenräume mit Wasser an, so werden die Bodenluftwurzelhaare zu Grunde gehen, wenigstens wenn das Wasser aus den Bodenräumen nicht sehr bald nach unten abzieht; es bilden sich unter solchen Verhältnissen neue Wurzelhaare, d. h. wenn die Bodenräume längere Zeit mit Wasser gefüllt bleiben. Verlieren die Bodenräume das Wasser später wieder, so können die darin entstandenen Wurzelhaare nicht mehr bestehen, sie gehen zu Grunde und an ihre Stelle treten wieder neue Bodenluftwurzelhaare. Gegen diese Ansicht hat man sich vielfach gesträubt, aber wenn man diese Verhältnisse bei Wasserpflanzen genauer studirt und die Beziehungen des Wassers zum Boden kennt, so wird man zu dieser Ansicht mit Nothwendigkeit hingetrieben. Es ist nicht zu bezweifeln, dass sich in lufterfüllten Bodenräumen Wurzelfädchen und Wurzelhaare entwickeln; man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man Pflanzen in Glastöpfen vegetiren lässt, in welchen dicht an der Gefässwand kleine Kanäle oder Höhlen in der Erde gebildet wurden; diese Gebilde aber können nicht verschieden sein von den gleichen Gebilden der Wasserpflanzen, sie müssen, sobald sie von tropfbar flüssigem Wasser umgeben werden, zu Grunde gehen. Vorläufig sind wir also vollständig berechtigt, im Boden zweierlei Arten von Wurzelhaaren anzunehmen, nämlich Bodenlösungs- und

Bodenluftwurzelhaare; auch auf die Wurzelfädchen kann sich sogar dieser Unterschied erstrecken, wenn die Beziehungen des Wassers zum Boden lange genug andauern. Durch die ersteren werden der Pflanze Nahrungsstoffe aus der Bodenlösung zugeführt; die letzteren dienen aber auch der Aufnahme, indem sie sich dicht an die Bodentheilchen anschmiegen und die auf denselben befindlichen leicht löslichen Nahrungsstoffe aufnehmen, ein Gegenstand, auf welchen ich später ausführlicher zurückkommen werde.

Wenn es nach längerer Trockenheit regnet und der Boden sich mit Wasser füllt, so muss dem Vorhergehenden zufolge ein grosser Theil der aufnehmenden Organe zu Grunde gehen; da wo das Wasser die Bodenräume bald wieder verlässt, erzeugen sich von Neuem Bodenluftwurzelhaare, wo es aber längere Zeit verbleibt, bilden sich Bodenlösungswurzelhaare. Dieses plötzliche Zugrundegehen eines grossen Theiles der aufnehmenden Organe kommt einem freilich etwas unnatürlich vor, und mag das die Ursache sein, weshalb Mancher sich nicht damit befreunden kann; mir scheint aber die Annahme dieser Verhältnisse eine Nothwendigkeit zu sein. Dass sich die Umwandlung nicht auf die grösseren Nebenwurzeln und auf die stärkeren Wurzelfäden erstrecken kann, ist selbstverständlich.

Die Wurzeln der Culturpflanzen. Der Bewurzelung der Pflanzen ist bei dem Anbaue eine weit grössere Aufmerksamkeit zu schenken, als dies bisher geschehen ist. Wenn der Satz richtig ist, dass eine Pflanze um so besser ernährt wird und in Folge dessen eine um so grössere Menge Pflanzensubstanz erzeugt, als ihr Wurzelwerk ausgebreiteter und entwickelter ist, so muss natürlich eine Pflanze mit starkem Wurzelwerke sich in einem an Nahrungsstoffen ärmeren Boden besser ernähren wie eine solche mit einem von Natur schwächeren Wurzelwerke. Wollen wir von einem Boden den grösstmöglichsten Ertrag erzielen, so müssen wir ihn mit Pflanzen bebauen, deren Wurzelentwicklung im Verhältnisse zu seinem Nährstoffreichthum steht. Wir werden auf Sandboden keinen Raps bauen; sein von Natur kümmerliches Wurzelwerk beansprucht einen nährstoffreichen Boden, eine verhältnissmässig starke Concentration der Bodenlösung; der Roggen hingegen, dessen Wurzelwerk ein weit üppigeres ist als das des

Rapses, kann auf Sandboden weit lohnendere Erndten liefern als der letztere. Von besonderer Bedeutung aber ist die Bewurzelung bei der Festsetzung der Fruchtfolge für einen Acker; nach jeder Erndte ist der Nährstoffgehalt des Bodens und die Nährstoffmischung eine andere geworden, und diesen Verhältnissen muss auch die Bewurzelungsfähigkeit der nachfolgenden Frucht entsprechen.

Wenn auch im Allgemeinen Nährstoffgehalt, Nährstoffmischung und Durchlüftung des Bodens, wie ich später ausführlich zeigen werde, von besonderem Einflusse auf die Wurzelentwicklung ist, so können wir doch auch nicht verkennen, dass bei derselben ein generischer Charakter obwaltet, dass also die eine Pflanzenspecies oder Varietät durch ihre Organisation mehr befähigt ist ein ausgebreiteteres üppigeres Wurzelwerk zu entwickeln, als die andere Art oder Varietät. Man vergleiche nur Raps und Klee. Der Raps vermag in einem nährstoffreichen und physicalisch guten Boden nur wenig Nebenwurzeln und besonders wenig Wurzelfäden, überhaupt nur ein kümmerliches Wurzelwerk zu bilden, während der Klee (Trifolium arvense) in einem viel ärmeren Boden ein massenhaftes Wurzelwerk entwickelt, die obere Schicht der Ackerkrume in grösster Menge mit Wurzelfäden durchsetzt. Bis jetzt hat man der Bewurzelungsfähigkeit der Culturpflanzen viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt; man glaubte, die Hauptsache läge im Tiefgange der Wurzeln, während sie doch in der seitlichen Verbreitung und der Entwicklung der Wurzelfäden besonders liegt. Um die Sache gründlich zu studiren, um vorzüglich den generischen Charakter der Wurzelentwicklung bei unseren Culturpflanzen kennen zu lernen, ist es nothwendig, die Bewurzelung auf demselben Boden, bei gleicher Düngung und Lockerung, überhaupt unter gleichen Verhältnissen zu beobachten. Alle diese Verhältnisse verwischen zu sehr den generischen Charakter, um auf verschiedenen Localitäten und unter verschiedenen Düngungs- und anderen Verhältnissen die Sache zu untersuchen. In dem Nachfolgenden will ich nun versuchen, den generischen Charakter der Wurzeln der Culturpflanzen, so weit meine Untersuchungen reichen, zu schildern; ich darf indess die Bemerkung nicht unterlassen, dass meine Beobachtungen noch zu jung sind und zu wenig unter gleichen Verhältnissen gemacht wurden, um Anspruch auf völlige Sicherheit machen zu dürfen. Die nachstehenden Beobach-

tungen sind auf einem nicht strengen, reichen Lehme, welcher bei guter Beackerung vollkommen gelockert werden kann, gemacht worden.

Brassica. Raps, Rübsen und Awehl entwickeln aus der Pfahlwurzel zwar eine grössere Zahl von starken Nebenwurzeln, doch sind die letzteren arm an Wurzelfäden, auch haben die Wurzelfäden keine besondere Länge. Manchmal entwickeln sich die älteren Nebenwurzeln sehr stark und sind dann in ihrer Dicke der Pfahlwurzel gleich. Die Ausbreitung der Nebenwurzel geht mehr nach der Tiefe als nach der Seite, wobei in den meisten Bodenarten das grösste Wurzelwerk, die reichlichste Wurzelfädenentwicklung in dem oberen ½ Fuss des Bodens liegt und die tiefer gehenden Nebenwurzeln arm an Wurzelfäden sind. Im Ganzen ist das Wurzelwerk dieser Pflanzen ein geringes, wenig ausgebreitetes. Bei dem Awehl schien die Wurzelfädenentwicklung eine etwas üppigere als bei dem Raps zu sein. — Die Kohlarten verhalten sich ähnlich den vorhergehenden, doch sind bei manchen die Nebenwurzeln weniger stark, so dass von der Pfahlwurzel zahlreichere feinere Nebenwurzeln ausgehen. Bei den behäufelten Pflanzen entwickeln sich eine Menge feinerer, wurzelfädenreiche Nebenwurzeln aus dem Stengel, was auch für Raps u. s. w. gilt. — Die rübenartigen Brassicaarten besitzen den grössten Theil der Wurzeln an der in ihre normale Form zurückgekehrten Pfahlwurzel, also unterhalb des Rübenkörpers. Die Nebenwurzeln sind fein und wohl dicht mit Wurzelfäden besetzt, doch ist die Masse im Ganzen nicht bedeutend. Auch am Rübenkörper entwickeln sich spärlich Wurzelfäden und Nebenwurzeln. Das Hauptgewicht fällt bei diesen auf die Bewurzelung der Pfahlwurzel und muss zu diesem Zwecke die Ackerkrume in der tieferen Schicht gut gelockert sein. Bei einigen Turnipsvarietäten ist die Wurzelmasse im Ganzen bedeutender. Eine mehr seitliche Verbreitung der dünnen Nebenwurzeln scheint diesen Rübenarten überhaupt eigen zu sein, wenigstens sah ich dieses auf Stoppelrübenfeldern häufig.

Cerealien. Dieselben entwickeln ihre Wurzeln aus den oberflächennahen Halmknoten; die Wurzeln des ersten Knotens sind zu unbeträchtlich um mit in Betracht gezogen zu werden. Bei Weizen und Gerste ist eine besondere Neigung zur Nebenwurzelbildung aus den ebengenannten Knoten vorhanden; diese Nebenwurzeln bedecken sich in einem guten lockeren Boden ziemlich mit Wurzelfäden,

scheinen aber im Ganzen keinen Tiefgang zu haben; man findet den grössten Theil des Wurzelwerkes in dem oberen ½ Fuss der Ackerkrume. Die Nebenwurzeln des Weizens sind dünner und zarter wie die der Gerste. Dringen auch einige Nebenwurzeln in tiefere Schichten ein, so sind dieselben aber arm an Wurzelfäden. Bei dem Roggen ist die Entwicklung von Nebenwurzeln aus den oberflächenahen Halmknoten nicht so üppig und zahlreich, dagegen scheinen dieselben sich mehr in der Länge zu entwickeln und sowohl eine grössere seitliche Verbreitung als auch einen grösseren Tiefgang zu haben. Der Hafer verhält sich dem Roggen ähnlich, indess ist die Wurzelfädenentwicklung bei ersterem eine viel reichlichere. In gutem Boden übertrifft die Wurzelmasse des Hafers oft die des Weizens und der Gerste bedeutend. Die Wurzelfäden der sämmtlichen Cerealien sind aussergewöhnlich lang.

Pisum, Vicia. Erbsen, Wicken, Pferdebohnen können wohl eine grössere Zahl Nebenwurzeln bilden, diese letzteren bleiben aber hinsichtlich ihrer Wurzelfädenentwickelung ärmlich; die Nebenwurzeln dringen häufig zwar in die tieferen Schichten der Ackerkrume ein, aber sie vermögen dadurch die ärmliche Wurzelfädenentwicklung nicht zu ersetzen. Dabei bleiben die Wurzelfäden kurz. Bei der Pferdebohne ist die Verbreitung der Nebenwurzel im geeigneten Boden eine mehr seitliche.

Lupinus. Die Lupine hat, wenn auch gerade keine zahlreiche, so aber doch starke und sowohl nach der Tiefe als nach der Seite sich weit ausdehnende Nebenwurzeln, die zwar wenig mit Wurzelfäden bedeckt sind, die aber doch durch ihre grössere Ausdehnung ersetzen, was ihr an Wurzelfädenreichthum abgeht.

Phaseolus. Die gewöhnliche Gartenbohne bildet (natürlich im Gartenboden) an der Grenze zwischen Stamm und Wurzel eine Anschwellung, aus welcher hauptsächlich die starken Nebenwurzeln hervortreten; auch bei der Zwergbohne ist es der obere Zoll der Wurzel, welcher die meisten Nebenwurzeln entsendet. Die Pfahlwurzel geht arm an Nebenwurzeln in die Tiefe hinab. Die Nebenwurzeln besitzen nur spärliche Wurzelfäden, die zudem noch ziemlich kurz sind. Auch bei diesen Gewächsen sitzt der grösste Theil des Wurzelwerkes in dem oberen ½ Fuss der Ackerkrume.

Beta. Die Runkelrübe sendet zwar die wieder zur normalen Form zurückgekehrte Pfahlwurzel in tiefere Schichten hinein, sie

besitzt aber nur an dem dicht unter dem Wurzelkörper befindlichen Theile noch einige wurzelfädenreiche Nebenwurzeln, im übrigen ist sie sehr arm daran. Die meisten Wurzelfäden entwickeln sich aus den sogenannten Nähten des Rübenkörpers entweder direct oder aus schwachen Nebenwurzeln. Es scheint, dass die aus den Nähten hervortretenden Wurzeln die grösste Bedeutung für die Aufnahme der Nährstoffe haben. Die Wurzeln der Nähte entwickeln sich um so höher an dem Rübenkörper, als er weniger von der Erde entblösst ist. Sollen auch die Nebenwurzeln der Pfahlwurzel in reichlicherer Menge Wurzelfäden entwickeln so muss für eine grössere Lockerung der Ackerkrume in der tieferen Schicht gesorgt werden. Eine seitliche Verbreitung besitzt das Wurzelwerk der Runkelrübe nicht.

Daucus. Die Möhre hat ein kümmerliches Wurzelwerk; es bildet sich aus der zur normalen Form zurückgekehrten Pfahlwurzel und aus den verschiedensten Punkten des Rübenkörpers. Im Uebrigen ist es dem der Runkelrübe gleich, freilich viel ärmer.

Trifolium. Das üppigste Wurzelwerk findet man bei den Kleearten und ganz vorzugsweise beim rothen Klee (Tr. arvense), welchen wir hier besonders im Auge behalten. Die Pfahlwurzel, welche ziemlich stark ist, geht in tiefere Schichten hinein, aber nur ihr oberer Theil entsendet einige und selten kräftige Nebenwurzeln; unterhalb des oberen Theiles von $^1/_2$ Fuss finden wir selbst in einem guten lockeren Boden nur wenige Nebenwurzeln, in einem wenig gelockerten Boden sind sie sogar sehr spärlich, in einer Tiefe von 1 Fuss und tiefer sind sie kaum noch zu finden. Häufig theilt sich die Pfahlwurzel in zwei kräftige Aeste. Die oberen Nebenwurzeln sind dicht mit langen Wurzelfäden besetzt, je tiefer sich die Nebenwurzeln in dem Boden befinden, um so ärmer sind sie an Wurzelfäden. Auf einem dicht bestandenen Felde, auf welchem die Bodenoberfläche gelockert ist, findet man oft in dem oberen Zolle des Bodens einen dichten Wurzelfilz, welcher aus zahllosen Wurzelfäden besteht und dadurch gebildet wird, dass die dicht unter der Oberfläche aus der Wurzel hervortretenden Nebenwurzeln mit ihren äusserst zahlreichen Wurzelhaaren sich seitlich im Boden und zwar dicht unter der Oberfläche verbreiten. Oftmals wachsen Nebenwurzeln von unten herauf, um an der Bildung des Wurzelfilzes mit Theil zu nehmen. Auf dem schlecht bestandenen in seiner Oberfläche krustenartig verhärteten Felde findet

man diesen für den Klee sehr wichtigen Wurzelfilz nicht. Der grösste Theil des Wurzelwerkes des Klees liegt in der oberen Schicht von ½ Fuss bis höchstens ¾ Fuss der Ackerkrume, nur in einem guten und gutgelockerten Boden ist das Wurzelwerk in der Schicht von ½ — 1 Fuss von der Oberfläche nennenswerth; die tiefer gehende Pfahlwurzel entsendet so zu sagen keine Nebenwurzeln mehr und die von ihr ausgehenden Wurzelhaare sind spärlich genug. Wenn man in jüngerer Zeit und Liebig an der Spitze ein so grosses Gewicht auf die Ernährung des Klees aus dem Untergrunde legt, so genügt es, ein unverletztes Kleewurzelwerk aus einem kleekräftigen Boden sich einmal anzusehen, um sich von der Uebertreibung dieser Ansicht zu überzeugen. Das tiefe Hinabgehen der Pfahlwurzel ist es nicht allein, was die Ernährung aus dem Untergrunde bedingt, sondern eine reiche Wurzelfädenentwicklung, und die fehlt eben dem Klee in jenen Schichten, und wo keine oder nur eine verhältnissmässig kleine Zahl aufnehmender Organe sind, da kann natürlich auch die Aufnahme von Stoffen nur gering sein. Der Klee nimmt gewiss nicht viel mehr Stoffe aus dem Untergrunde, wie die Runkelrübe. Wer aber eine Erklärung für die leichte Ernährungsfähigkeit des Klees haben will, der werfe sein Auge auf die massenhafte Wurzelfädenentwicklung in der oberen Schicht der Ackerkrume und er wird nicht nöthig haben, die leichte Ernährungsfähigkeit in den Untergrund hinab zu verlegen. Bis jetzt habe ich keine andere Pflanze gefunden, die so, wie der Klee, den Boden mit Wurzelfäden durchsetzt; man möchte fast sagen, dass auf einem guten Kleefede jedes Bodentheilchen mit einem Wurzelfädchen oder wenigstens doch mit Wurzelhaaren in Berührung steht, und dass alle diejenigen Bodenpartien, welche von den Vorfrüchten des Klees unberührt blieben, nun angegriffen und der pflanzlichen Nährstoffe beraubt werden. Freilich nimmt der Klee auch einige Nahrungsstoffe aus den tieferen Schichten auf, indess ist diese Aufnahme ohne besondern Effect gegenüber der Aufnahme aus der oberen Schicht der Ackerkrume.

Wie sich die andern Trifoliumarten verhalten, ist mir nicht bekannt, ich erinnere mich nur einen grösseren Nebenwurzelreichthum gesehen zu haben.

Medicago sativa. Weniger üppig wie das Wurzelwerk des Klees ist das der Luzerne in der oberen Schicht der Ackerkrume; dagegen geht eine immer noch reiche Bewurzelung in tiefere Schich-

ten hinab, natürlich auf einem leichten, auch in tieferen Schichten noch lockeren, durchlüfteten Boden, auf dem sogenannten Luzerneboden. In einer Schicht von 10—15 Zoll fand ich auf einem 5jährigen Lupinenfelde noch eine reichliche Menge von Wurzelfäden, in tiefere Schichten gingen aber nur einige wurzelfädenarme Nebenwurzeln hinab, indessen doch immer mehr als bei anderen Pflanzen. Ist demzufolge nun auch die Ernährung der Luzerne aus dem tieferen Untergrunde gerade nicht so bedeutend, wie man allgemein geneigt ist anzunehmen, so kann sie doch in einer Tiefe von 12—15 Zoll von der Oberfläche ab, bis zu welcher Tiefe nur wenige Pflanzen ein beträchtliches Wurzelwerk hinabsenden, noch ziemlich bedeutend sein. Freilich können wir nicht in Abrede stellen, dass sie bei ihrem längeren Verweilen auf einem Felde auch aus dem Untergrunde nicht unbeträchtliche Mengen von pflanzlichen Nährstoffen heraufzuholen vermag.

Polygonum Fagopyrum. Wenig kräftige Nebenwurzeln entsendend, entwickelt der Buchweizen doch ein ziemlich üppiges Wurzelwerk, welches reich ist an Wurzelfäden und einen Boden ziemlich durchsetzt. Die Nebenwurzeln haben besonders die Neigung nach seitlicher Verbreitung, ihr Tiefgang ist nicht beträchtlich.

Solanum tuberosum. Bei den Kartoffeln treten die Wurzeln aus den Blattwinkeln der Rhizome hervor; es sind feine Nebenwurzeln mit einer reichlichen Wurzelfädenentwicklung; bei den behäufelten Kartoffeln entwickeln sich in grösserer Zahl feine Nebenwurzeln mit einem Wurzelfädenreichthum aus dem Stengel und ist diese Adventivwurzelbildung oft an Masse bedeutender wie das übrige Wurzelwerk. Wenn das Wurzelwerk der Kartoffeln in der ganzen Masse auch gerade nicht beträchtlich ist, so vermag doch die Ernährung durch den Wurzelfädenreichthum eine gute zu sein.

Linum. Beim Lein ist die Bildung von Nebenwurzeln nicht beträchtlich, dahingegen ist die Wurzelfädenentwicklung ziemlich bedeutend zu nennen.

Bäume und Sträucher. Was die baumartigen Pflanzen betrifft, so habe ich früher schon erwähnt, dass ihr Nebenwurzelwachsthum ein unbeschränktes ist. Es entwickeln sich aus jeder Nebenwurzel wieder neue Nebenwurzeln und so findet man an jedem älteren Baume Nebenwurzeln von der verschiedensten Dicke. Ueberhaupt zeichnen sich hier die Nebenwurzeln durch ihr Dickenwachsthum aus; mit der Zeit kann aus jeder feinen Nebenwurzel

ein dicker mächtiger Wurzelast werden. Bei manchen Bäumen verbreiten sich die Nebenwurzeln nur in der oberflächlichen Schicht des Bodens; sie haben dadurch wenig Halt im Boden und werden durch Stürme leicht umgeworfen — so leidet die Fichte (Picea vulgaris) sehr häufig am Windbruche und wird oft reihenweise umgeworfen, während die auf demselben Boden und an demselben Orte stehende Tanne, deren Wurzeläste mehr in die Tiefe eindringen, den Stürmen widersteht. Die starken Nebenwurzeln oder Wurzeläste der Fichte gehen selten tiefer als 3—4 Fuss, wohingegen sie bei der Tanne 10 Fuss und tiefer in die Erde eindringen. Die Pyramidenpappel hat ebenfalls ein sich flach ausbreitendes Wurzelwerk und wird deshalb in einem lockeren Boden auch nicht selten umgeworfen. Die Ostbäume dringen mit ihren Wurzelästen meistens tief in den Boden ein. Die aufnehmenden Organe der Bäume sitzen vorzugsweise an den feinen Nebenwurzeln und an den von diesen ausgehenden Wurzelfäden (in der Forstmannssprache Saugwurzeln genannt). Die an den feinen Nebenwurzeln hervortretenden Wurzelfäden sterben nach einiger Zeit ab, während an der in dem Boden weiter wachsenden Nebenwurzel immer neue Wurzelfäden zum Vorschein kommen.

Wiesengräser. Bei diesen ist die Wurzelentwicklung beträchtlich, besonders bei jenen ohne Rhizomen. Aus den oberflächennahen Halmknoten gehen eine grosse Zahl von feinen Nebenwurzeln mit einer üppigen Wurzelfädenentwicklung hervor und sind dabei die Wurzelfäden meist ziemlich lang. Bei den rhizomlosen Gräsern ist indess das Wurzelwerk im Ganzen von keiner besondern Verbreitung, wenn auch sein Tiefgang in geeignetem Boden gerade nicht unbeträchtlich ist. An den Rhizomen treten an den verschiedensten Punkten dichte Büschel von feinen Nebenwurzeln hervor, die ebenfalls wurzelfädenreich sind, und weil die Rhizome nach allen Seiten durch den Boden kriechen, ist die Verbreitung der Wurzel solcher Gräser bedeutend. Auf einer guten Wiese ist die obere Schicht von $^3/_4$ Fuss dicht von Wurzeln durchsetzt.

Das Blatt.

Die Blätter dienen entweder der Aufnahme flüssiger Nahrungsstoffe und sind dann Wasserblätter, oder sie nehmen gasförmige Stoffe auf und sind Luftblätter. Bei den niedrig organisirten Pflan-

zen finden sich hier und da blattähnliche Ausbreitungen, dieselben sind aber noch nicht als Blätter in unserm Sinne zu betrachten (vergl. S. 16). Das Blatt unterscheidet sich von ähnlichen zelligen Ausbreitungen durch den Verlauf von Gefässbündel in seinem Innern und bei den Luftblättern durch die Spaltöffnungen. Zuerst sehen wir das Blatt bei den Laubmoosen auftreten; es ist hier Luftblatt, enthält einen einfachen Gefässbündelstrang, welcher äusserlich als Blattnerv sichtbar ist und besitzt Spaltöffnungen oder oft nur einfache Athemhöhlen, welche mit ihrer freien Oeffnung äusserlich münden. Bei den blattähnlichen Ausbreitungen der Flechten und einiger Lebermoose ist die ganze Oberfläche permeabel und geeignet gasförmige Nahrungsstoffe aufzunehmen; bei den Laubmoosen aber zieht sich über die äussere Oberfläche des Blattes ein wachsartiger, impermeabler Ueberzug hin — Cuticula —, welcher nur an den Spaltöffnungen durchbrochen ist. Die an den Athemhöhlen liegenden Zellen sind permeabel und durch sie treten die gasförmigen Stoffe in die Pflanze ein. Aehnlich verhalten sich alle Luftblätter der höher organisirten Pflanzen (Fig. 26). Dicht unter der Spaltöffnung z befindet sich die Athemhöhle, und in diese münden die Luft- und Intercellulargänge. Bei den Blättern der höher organisirten Pflanzen verzweigen sich die Gefässbündel sehr häufig und verlaufen netzförmig wie bei den Dikotyledonen oder mehr parallel wie bei den Monokotyledonen. Die Luft kommt bei den Blättern mit einer grossen Zellenfläche in Berührung, denn die sämmtlichen an die Luft- und Intercellulargänge des Blattes, welche in die Athemhöhlen einmünden, anstossenden Zellen, sowie die Zellen der Athemhöhlen selbst saugen die Gase ein, von wo aus sie alsdann sich über die andern Zellen verbreiten. Die grüngefärbten Stammtheile, welche mit Spaltöffnungen versehen sind, verhalten sich

Fig. 26.

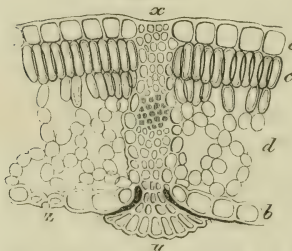


Fig. 26. Querschnitt durch das Blatt der Birke, a Oberhaut der Oberseite ohne Spaltöffnungen, b Oberhaut der Unterseite mit Spaltöffnungen, z Spaltöffnungen, c Pallisadenparenchym, d Merenchym, s Gefässbündel als secundärer Seitenzweig (200 mal vergrössert).

gegen die gasförmigen Stoffe ebenso wie die Blätter. Die Blätter, welche mit der unteren Seite sich der Erde zuwenden, deren Stellung gegen den Horizont eine spitzwinkelige ist, wenn also die Sonne die untere Seite des Blattes wenig treffen kann, besitzen die meisten Spaltöffnungen eben auf der unteren Seite, während sie auf der oberen Seite selten sind oder ganz fehlen. Bei jenen Blättern aber, die mit dem Horizonte einen stumpfen Winkel machen, deren beide Seiten von der Sonne getroffen werden, befinden sich auf beiden Blattseiten Spaltöffnungen und zwar auf der oberen Seite ebenfalls in grösserer Zahl. Zu der letzteren Klasse gehören die Pflanzen mit stark geradeaufwärtsstrebenden Blättern, wie die Cerealien, Gräser u. s. w.

Wie Hugo von Mohl durch Versuche bewiesen hat, erweitern sich die Spaltöffnungen durch Anschwellen der beiden Schliesszellen, verengern sich durch ein Collabiren derselben. Wasser bewirkt daher ein Oeffnen, concentrirte Lösungen ein Schliessen der Spaltöffnungen; wenn aber die umgebenden Epidermiszellen das Wasser mit grösserer Kraft einsaugen als die Zellen der Spaltöffnung, so wird die letztere durch den auf sie einwirkenden Druck geschlossen. Von Mohl glaubt, dass im natürlichen Zustande der Pflanze die Schliesszellen und die dieselben umgebenden Epidermiszellen sich das Gleichgewicht halten. Licht sowohl wie Wärme bewirken ein Oeffnen der Spaltöffnungen.

Wasser, welches durch die Spaltöffnungen in die Luftgänge der Pflanze gelangt, kann von hieraus von den Zellen aufgenommen werden; ist aber einmal Wasser in dieselben hineingelangt, so ist natürlich die Aufnahme der gasförmigen Stoffe so lange gestört, bis das Wasser von den Zellen aufgesogen oder aus den Gängen fortgedunstet ist. Bei Regen und bei Thauniederschlägen auf den Blättern könnte ein solches Eindringen des Wassers eintreten; doch scheint wohl bei den meisten Pflanzen das Eindringen des Wassers dadurch gehindert zu sein, dass sie beim Nasswerden ihre Spaltöffnungen schliessen.

Die Aufnahme der gasförmigen Stoffe geschieht durch alle grüngefärbten Theile der Pflanze, wenn dieselben Spaltöffnungen besitzen; dieselben fehlen aber fast keinem grüngefärbten Pflanzentheile — Blätter, Stengel, Kelchblätter, selbst der Fruchtknoten hat bei manchen Pflanzen Spaltöffnungen.

Den Wasserblättern fehlen die Spaltöffnungen und Athemhöhlen

sowie Luftgänge. Ihr Parenchymgewebe ist ein mehr gleichartiges. Die ganze Blattoberfläche ist fähig, flüssige Stoffe aufzunehmen, wenigstens bei jungen Blättern; werden die Blätter älter, so nimmt wahrscheinlich die Permeabilität der Oberhautzellen ab und die Aufnahme flüssiger Stoffe ist vermindert oder gänzlich aufgehoben.

Bei allen blattlosen, nicht schmarotzenden Pflanzen ist die Stengeloberfläche blattartig entwickelt, so bei den Cacteen; bei derartigen Pflanzen enthält die Stengeloberfläche Spaltöffnungen, aus welchen Wasser verdunstet und durch welche Gase aufgenommen werden. Jedenfalls ist die Verdunstung des Wassers bei solchen Pflanzen, weil die der Luft ausgesetzte Oberfläche klein ist, eine geringe und es erklärt sich daraus, dass die Cacteen auf einem trocknen Sandboden doch saftreiche Pflanzen sind. Die Schmarotzer mit schuppenförmigen Blättern, wenigstens Orobanche und Cuscuta, haben auch nur wenig Spaltöffnungen und wird deshalb Verdunstung und Gasaufnahme ohne besondere Bedeutung sein.

Der Uebergang der Nahrungsstoffe in die Pflanze.

Allgemeine Betrachtungen.

Einfach sind die Vorgänge, welche den Uebergang der Nahrungsstoffe von aussen in die Pflanze bedingen: es ist die Diffusion und die Concentrationsdifferenzirung der diffundirenden Flüssigkeiten, sowie die Absorption der gasförmigen Stoffe von den Flüssigkeiten. Nur in flüssiger oder gelöster und in gasförmiger Form können die Stoffe permeable Membrane durchdringen, nur in diesen Formen können sie in die Pflanzenzelle eindringen. Die im Wasser gelösten Stoffe haben das Bestreben, sich über die ganze in Zusammenhang stehende Wassermasse zu verbreiten und zwar solange, bis in allen Punkten der Lösung eine gleiche Concentration in Bezug auf die gelösten Stoffe vorhanden ist. Permeable Membrane bilden kein Hinderniss der Diffusion; Flüssigkeiten mischen sich durch dieselben ebenso, wie wenn sie nicht durch permeable Membrane von einander getrennt sind. Die Membran jeder lebensthätigen Pflanzenzelle ist mehr oder weniger permeabel; das in der Pflanze enthaltene Wasser, solange wie es in gut permeablen Zellen enthalten ist und diese mit einander in inniger Berührung stehen, bildet eine zusammenhängende Wassermasse. Sind in diesem von der Pflanze eingeschlossenen oder in dem mit den aufnehmenden Organen in Berührung stehenden Wasser gelöste Stoffe enthalten, so müssen sie den Gesetzen der Diffusion unterliegen: denn die Materie ist in den Pflanzen denselben Gesetzen unterworfen wie ausserhalb und, wenn sie nicht durch irgendwelche Ursachen verhindert wird, muss

auch hier die Diffusion ebenso in die Erscheinung treten wie ausserhalb der Pflanze. Zustände, welche die Diffusion bei der Pflanze ausschliessen, sind bis jetzt nicht gefunden worden. Noch ist kein halb Jahrhundert vergangen, als man in der Pflanze, sowie auch im Thiere, eigenthümliche geheimnissvolle Kräfte annahm, welche das chemische und physicalische Wirken der Materie verhindern, die Materie unter andere als die bekannten Naturgesetze bringen solle; Alles was in der Pflanze unerklärlich war, schob man diesen geheimnissvollen Kräften zu, deren Gesammtheit man Lebenskraft nannte. So sollten die in der Pflanze vorhandenen anorganischen Stoffe in der Pflanze selbst entstanden, nicht von aussen eingeführt sein; das glaubte man zu einer Zeit, als man sich noch nicht vorstellen konnte, auf welche Weise diese anorganischen Stoffe aus dem Boden in die Pflanze eintreten. Eine Entstehung dieser Stoffe, z. B. des Kalkes, wie man sie sich in der Pflanze dachte, kommt ausserhalb des Organismus nicht vor; in der Pflanze selbst aber sollte dieses die Lebenskraft vollbringen. Zwar sind wir bis jetzt noch nicht mit allen Lebenserscheinungen des pflanzlichen und thierischen Organismus vertraut; thörigt würde es aber sein, das Unbekannte oder Unerklärte Kräften, die nur der Pflanze oder dem Thiere eigen und mehr als allgemeine Eigenschaften der Materie sind, zuschreiben zu wollen. An die Lebenskraft glaubt der Forscher nicht mehr: das Leben der Pflanze ist das Zusammenwirken chemischer und physicalischer Kräfte. Die flüssige Materie ist in der Pflanze so gut den Gesetzen der Diffusion unterworfen, wie ausserhalb derselben.

Bringen wir eine lebensthätige Zelle unter dem Mikroscope in eine concentrirte Zucker- oder Salzlösung, so bemerken wir, dass alsbald die Zelle anfängt einzuschrumpfen; sie giebt Wasser an die äussere Zuckerlösung ab und die durch den wässrigen Inhalt in einem gewissen Spannungszustande erhaltene Membran zieht sich dabei zusammen. Durch geeignete Reagenzien lässt sich nun auch nachweisen, dass von dem gelösten Stoffe der äusseren Lösung Antheile in die Zelle eingetreten sind. Der in höherer Concentration in der äusseren Flüssigkeit enthaltene gelöste Stoff verbreitet sich auf das Wasser der Zellflüssigkeit, um die Concentration auszugleichen; von dem Zellwasser muss dabei austreten und zwar, wenn das endosmosische Aequivalent höher als 1 ist (vergl. S. 41), muss dem Volum nach mehr Wasser aus der Zelle

austreten, als gelöster Stoff von aussen in sie eintritt; daher die Einschrumpfung. Unzweifelhaft gehören diese Vorgänge der Diffusion an, eine andere Ursache, welche das Eintreten des Zuckers oder des Salzes in die Zelle bewirke, kennen wir nicht, giebt es keine.

Die Zelle besitzt alle Bedingungen zur Diffusion: eine permeable Membran, welche eine wässrige Lösung der verschiedensten organischen und anorganischen Stoffe umschliesst. Die Membran aller jungen Zellen ist permeabel, die eine mehr, die andere weniger; haben die Zellen einen gewissen Kreis der Lebensthätigkeit durchlaufen, so nimmt die Membran vieler Zellen an Permeabilität ab, die Ernährung der Zelle wird dadurch geschwächt oder gänzlich aufgehoben.

Diffusion der isolirten Zelle. Um die Diffusionsverhältnisse der Pflanze zu studiren, wollen wir zunächst unsere Aufmerksamkeit einer isolirten Zelle zuwenden und hierzu eine solche wählen, die schon in ihrer Einzelheit ein Pflanzenindividuum ausmacht, etwa eine Protococcuszelle. Denken wir uns eine solche Zelle in eine verdünnte Lösung von phosphorsaurem Kali versetzt. Das phosphorsaure Kali muss nothwendig nun in die Zelle hineindiffundiren und zwar solange, bis sich das Salz ausserhalb und innerhalb der Zelle in's Gleichgewicht gesetzt hat, bis es in der äusseren Lösung und in der Zellflüssigkeit in gleicher Concentration vorhanden ist. Nehmen wir an, das phosphorsaure Kali werde in der Zelle zur Bildung von Proteinsubstanzen benutzt und zu diesem Zwecke zersetzt, die Phosphorsäure zerlegt, so verschwindet das phosphorsaure Kali als solches in der Zelle, die Concentration der Zellflüssigkeit in Bezug auf dasselbe ist vermindert und von aussen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, diffundiren neue Mengen von dem Salze in die Zelle hinein. Ist die Zersetzung des phosphorsauren Kalis in der Zelle andauernd, so ist auch die Endosmose dieses Salzes in die Zelle andauernd; hört jene auf, so hört auch die Endosmose des Salzes auf, nachdem zuerst das Gleichgewicht zwischen äusserer und innerer Flüssigkeit hergestellt ist. Hierbei ist es ganz gleichgültig, ob die Phosphorsäure oder das phosphorsaure Kali in unlösliche Form übergeführt wird oder ob die Phosphorsäure vom

Kali getrennt und das Kali mit einer anderen Säure verbunden in der Form eines anderen Salzes auftritt.

In physicalischer Hinsicht sind diese Vorgänge nicht wesentlich von dem Experimente verschieden. Ich habe früher gezeigt (S. 56), dass, wenn in dem Cylinder und in der Membranröhre meines Diffusionsapparates sich gleichconcentrirte Oxalsäurelösungen befinden und in der Röhre die Oxalsäure durch Kalk ausgefällt wird, aus dem Cylinder wieder Oxalsäure in die Röhre eintritt, um das gestörte Gleichgewicht herzustellen. Bringt man in die Röhre des Diffusionsapparates eine Gypssolution und in den Cylinder phosphorsaures Natron, so diffundirt letzteres in die Gypssolution der Röhre und zersetzt sich mit dem schwefelsauren Kalke; es bildet sich schwefelsaures Natron, welches in Lösung bleibt, und phosphorsaurer Kalk, welcher ausgeschieden wird. Letzterer nun häuft sich in der Röhre an; das schwefelsaure Natron hingegen, weil es in der äusseren Lösung nicht enthalten ist, diffundirt aus der Röhre nach aussen, um sich mit dem äusseren Wasser in's Gleichgewicht zu setzen. Andauernde Zersetzung in der Röhre hat auch eine andauernde Exosmose des neugebildeten schwefelsauren Natrons zur Folge.

Die Assimilation in der Pflanzenzelle ist von derartigen Veränderungen der von aussen eintretenden Stoffe begleitet. Diese Veränderung, die Umwandlung der chemischen Form der anorganischen Stoffe und ihre Ueberführung in organische Substanz, ist gerade die Assimilation. Salze werden zerlegt, die näheren Bestandtheile werden zum Theil weiter zerlegt und in unlösliche Formen übergeführt, zum Theil gehen sie mit anderen Stoffen lösliche oder unlösliche Verbindungen ein.

Die chemischen Erscheinungen der Assimilation und des Stoffwechsels in der Pflanze kennen wir nicht: soviel wissen wir aber, dass sie Formwandlungen der Pflanzennährstoffe zur Folge haben, und dass solche Formwandlungen, wenn sie in Flüssigkeiten, in der Zellflüssigkeit stattfinden, Diffusionsströmungen eben so sicher verursachen, wie die Schwere den aufgeworfenen Stein wieder zur Erde zurückzukommen zwingt. Wenn aber ein Chemiker — Dr. Zöller in München — deshalb gewisse Diffusionserscheinungen in den Pflanzen wegleugnet, weil ich nicht anzugeben weiss, auf welche Weise jene Stoffumwandlungen bei der Assimilation stattfinden,

so müssen dessen Ansichten über Materie und Kräfte sehr sonderbarer und von der heutigen Anschauung sehr abweichender Art sein.

Wie wollen wir uns unter Anderem das massenhafte Vorkommen des kohlensauren Kalkes in den Zellen der Charen erklären? auf welche Weise kann dieser in die Zellen eingetreten sein? Chara ist eine einfache Zellenpflanze, welche untergetaucht im Wasser vegetirt. Der kohlensaure Kalk, durch ein zweites Aequivalent Kohlensäure in Lösung versetzt, diffundirt in die Zellen hinein, dort wird das eine Aequivalent Kohlensäure auf irgend eine Weise von dem kohlensauren Kalke getrennt und der letztere aus der Zellflüssigkeit ausgeschieden. Nur die beständige Ausscheidung des kohlensauren Kalkes aus der Zellflüssigkeit ist die Ursache des reichlichen Eintrittes des doppeltkohlensauren Kalkes, welcher in jedem Fluss- und stehenden Wasser enthalten ist, in die Pflanze. Eine andere Ursache kennen wir nicht, giebt es nicht.

Die eine Ursache des Eintrittes der Nahrungsstoffe ist die Assimilation, die durch ihre Stoffwandlungen verursachte Concentrationsdifferenzirung der Zellflüssigkeit gegenüber der Nahrungsflüssigkeit. Die bei der Assimilation zerlegten Nahrungsstoffe können natürlich nicht mehr in ihrer ursprünglichen Gestalt, die im Stoffwechsel unlöslich gewordenen überhaupt nicht aus der Pflanze austreten, solange sie in der ungelösten Form verbleiben. Wenn z. B. sich eine Zelle in einer Lösung von phosphorsaurem Kali befindet und eine gewisse Menge desselben zerlegt und die Phosphorsäure im Stoffwechsel consumirt worden ist, so kann dieselbe, wenn die Zelle hernach in destillirtes Wasser gebracht wird, nicht mehr aus der Zelle austreten, wie dies der Fall sein müsste, wäre das phosphorsaure Kali unzerlegt geblieben. Ob das Kali, welches an eine andere Säure gebunden oder vielleicht mit Proteinstoffen verbunden wurde, wieder in das destillirte Wasser austreten wird, ist von seiner Löslichkeit abhängig; befindet es sich in unlöslicher Form, so diffundirt es nicht nach aussen; ist es in löslicher Form vorhanden, so wird es sich mit der äusseren Lösung in Gleichgewicht setzen. Um zu zeigen, dass Kali auch in der Zelle zurückgehalten werden kann, erinnere ich nur an seine Verbindung mit Weinsäure, welche — als doppeltweinsaures Kali — nur in einem sehr geringen Grade löslich ist, oder an

seine Verbindung mit Eiweiss — Kalialbuminat —, welche ebenfalls in Wasser schwer löslich ist und eine gallertartige Masse bildet, deren Durchgangsfähigkeit für permeable Membrane sehr gering ist und sehr wenig Kali wieder nach aussen gelangen lassen wird. Wie man sieht, sind Bedingungen genug gegeben, um das einmal in die Zelle, in die Pflanze hineindiffundirte Kali in derselben festzuhalten und der Diffusion nach aussen zu entziehen. Wenn aber ein bekannter Chemiker beobachtet, dass eine Pflanze, welche Kalisalze aus einer Lösung aufgenommen hat, das Kali nicht wieder oder nur in geringer Menge an destillirtes Wasser abgiebt und daraus den Schluss zieht, dass eine Diffusion in der Pflanze nicht bestehe, dass also, mit anderen Worten, die im Zellwasser gelösten Stoffe anderen Gesetzen unterworfen seien wie ausserhalb der Pflanze, so bekundet er dadurch nur, dass er keinen Begriff von den Gesetzen der Diffusion hat, dass er nicht einsieht, auf welche Weise sonst leicht diffusible Stoffe der Exosmose entzogen werden können. Wieviel mehr würde der Chemiker der Wissenschaft nützen, wenn er die physicalisch unabweisbaren physiologischen Thatsachen anerkenne und die Ursache aufsuche, durch welche eben jene Stoffe, das Kali z. B., in der Pflanze zurückgehalten und der Exosmose entzogen werden, in welchen unlöslichen Verbindungen sie in der Pflanze vorkommen. Durch derartige Untersuchungen, ausgehend von physiologischen Thatsachen, würde der Schleier, welcher die Assimilationsprozesse in der Pflanze in Dunkelheit hüllt, weit mehr gelüftet werden, als wenn man physicalisch nothwendige Erscheinungen der Materie in Zweifel zieht.

Als die eine Ursache der Endosmose der Nahrungsstoffe in die Zelle erkannten wir die Assimilation; eine zweite ausserhalb der Zelle liegende Ursache ist die Concentrationserhöhung der äusseren Lösung. Vermehren wir z. B. in dem vorhin beispielsweise angenommenen Falle das phosphorsaure Kali, so wird die Diffusion desselben in die Zelle eine quantitativ stärkere sein, es wird das Phosphat in grösserer Menge in die Zelle eintreten. In der Zelle wird das Salz in höherer Concentration zugegen sein; und wenn die Assimilation dadurch veranlasst wird das Phosphat in grösserer Menge zu zersetzen, so wird dasselbe auch von aussen in grösserer Menge in die Zelle eintreten. Allem Anscheine nach zu urtheilen, veranlasst eine stärkere Concentration der

Zellflüssigkeit auch eine quantitativ stärkere Assimilation, eine vermehrte Production von Pflanzenmasse. Höhere Concentration der Nahrungsflüssigkeit hätte dann vermehrte Production von Pflanzenmasse zur Folge. Dass die Concentration eine gewisse Grenze nicht überschreiten darf, ist eben so selbstverständlich, als dass die vermehrte Pflanzenmasseproduction nicht von der höheren Concentration in Bezug auf einen einzelnen Stoff abhängig sein kann; es müssen alle zur Bildung organischer Materie nothwendigen anorganischen Stoffe in der entsprechenden Menge vermehrt werden.

Bei einer Zelle, welche sich in einer verdünnten Lösung aller derjenigen Stoffe befindet, die zu ihrer Ernährung nöthig sind, haben wir als die wesentlichsten Ursachen der Aufnahme der Nahrungsstoffe in der Zelle die Assimilation, in der äusseren Lösung, die wir fortan Nahrungsflüssigkeit nennen wollen, die Concentrationserhöhung der Nahrungsstoffe erkannt.

Alle diejenigen Stoffe, welche bei der Assimilation auf irgend eine Weise aufgehen, diffundiren in vermehrter Menge in die Zelle hinein, die anderen nicht im Stoffwechsel verwendeten Stoffe diffundiren nur in solcher Menge in die Zelle hinein, dass sie sich zwischen der Zellflüssigkeit und der Nahrungsflüssigkeit in Gleichgewicht befinden, es sei denn, dass sie in der Zelle unlöslich ausgeschieden werden. So z. B. das schwefelsaure Kupferoxyd; es ist für die Pflanze ein Gift, und doch diffundirt es in grösserer Menge in die Zelle hinein, wobei dieselbe aber zu Grunde geht; dieses Kupfersalz scheidet sich in der Zelle an Eiweiss gebunden — als Kupferalbuminat — aus, und solange es in der Zelle aus der Zellflüssigkeit unlöslich ausgeschieden wird, solange tritt es in die Zelle ein, also solange, bis alles Eiweiss in Kupferalbuminat verwandelt ist.

Alle diffusibeln in der Nahrungsflüssigkeit gelösten Stoffe diffundiren in die Zelle hinein, mögen sie sich indifferent bei der Assimilation und dem Stoffwechsel verhalten, mögen sie der Zelle als Nahrung dienen oder mögen sie auf die Zelle als Gift wirken.

Von einem unbedingten Wahlvermögen, d. h. von dem Vermögen der Zelle, die zu ihrer Erhaltung dienenden Stoffe aus der Nahrungsflüssigkeit auszulesen, kann nicht gesprochen werden; nur in sofern als bei der Assimilation und dem Stoffwechsel gewisse Stoffe consumirt werden und durch diese Consumtion die

Menge bestimmt wird, in welcher die Nährstoffe in die Pflanze eintreten, könnte man allenfalls von einem quantitativen Wahlvermögen sprechen, d. h. die Pflanze nimmt von den ihr gebotenen Nahrungsstoffen soviel auf, als sie zu ihren Assimilations- und Stoffwechsel-Processen bedarf.

Die in der Zelle enthaltenen schlecht diffusiblen Stoffe, wie Eiweiss, Gummi u. s. w. bedingen hauptsächlich den Eintritt des Wassers in die Zelle. Ohne in grösserer Menge oder ohne, was das Eiweiss betrifft, vielleicht überhaupt aus der Zelle auszutreten, führen sie in möglichst grösster Menge das Wasser in die Zelle ein; die Grenze des Eintrittes ist die Grenze des Ausdehnungsvermögens der Zellenmembran. Diese, die Zellenmembran ist elastisch, durch Vermehrung des Wassers und durch Vergrösserung des Volums des Zelleninhaltes dehnt sich die Membran bis zu einer gewissen Grenze hin aus; je jugendlicher die Zelle ist, um so grösser ist das Ausdehnungsvermögen ihrer Membran. Der durch die eiweissartigen Stoffe bedingte endosmosische Strom kann unter Umständen so stark werden, dass die Zelle dabei platzt und zu Grunde geht.

Die Vermehrung des Wassers in der Zelle hat eine Verdünnung der Zellflüssigkeit und eine Verminderung der Concentration in Bezug auf die in der Zellflüssigkeit gelösten Stoffe, sowie eine bis zur Concentrationsausgleichung vermehrte Endosmose der gelösten Stoffe aus der Nahrungsflüssigkeit zur Folge.

Bis jetzt habe ich nur von den endosmosischen Strömungen gesprochen, welche zwischen Zellflüssigkeit und Nahrungsflüssigkeit stattfinden; es drängt sich uns nun die Frage auf, ob nicht auch Stoffe aus der Zelle herausdiffundiren können. Wir haben früher bemerkt, dass bei dem Diffusionsapparate jede endosmosische Strömung auch von einer exosmosischen begleitet war, wenn der gelöste Stoff zu den diffusiblen gehörte; wir sahen, dass wenn z. B. irgend ein Salz in die Röhre eintrat, gegen das hineindiffundirende Salz Wasser aus der Röhre herausdiffundirte und zwar in der Regel ein grösseres Volum Wasser herausdiffundirte als das hineindiffundirende Salzvolum. Auch bei der Zelle finden diese Verhältnisse Statt; man braucht ja nur eine Zelle in eine concentrirte Zuckerlösung zu bringen, um sich davon zu überzeugen. Wenn Zucker in die Zelle hineindiffundirt, tritt Wasser aus. Bei der in der Natur gewöhnlich vorkommenden Concentration

der Nahrungsflüssigkeit ist jedoch der exosmosische Wasserstrom selten von Bedeutung, weil der endosmosische Wasserstrom, veranlasst durch die eiweissartigen und gummiartigen Stoffe des Zelleninhaltes, stark genug ist, um den Verlust der Zelle an Wasser sofort wieder zu ersetzen.

Es giebt indess noch manche andere Verhältnisse, welche auf die exosmosische Diffusion der Zelle Bezug haben und einer eingehenden Erörterung bedürfen.

Bei der Formwandlung der gelösten Nahrungsstoffe, bei der Assimilation können Salze gebildet werden, welche löslich sind und deshalb der exosmosischen Diffusion unterworfen sein müssen. Denken wir uns z. B., es würde phosphorsaures Kali oder salpetersaures Kali bei der Assimilation zersetzt und das Kali trete in Verbindung mit anderen Säuren, etwa Kohlensäure oder organischen Säuren auf, und zwar als lösliches Salz; es müsste nun das lösliche Kalisalz auf das Wasser der Nahrungsflüssigkeit diffundiren, um Zellflüssigkeit und Nahrungsflüssigkeit in Gleichgewicht zu setzen. Ueberhaupt alle in der Zelle sich bildenden leicht diffusiblen und gelösten Stoffe, anorganischer und organischer Natur, sind der exosmosischen Diffusionsströmung unterworfen.

Die exosmosische Diffusion der leicht diffusiblen organischen Stoffe ist es, an welcher die Widersacher der Diffusionstheorie Anstoss nehmen; sie behaupten, dass dabei das Leben der Pflanze, der Wasserpflanze z. B. unmöglich sei. Und dennoch kann es nicht anders sein. Enthält eine in einer verdünnten Lösung befindliche Zelle leichtdiffusible Stoffe, wie etwa Zucker, so müssen dieselben, solange wie die Membran permeabel ist, aus der Zelle austreten; und dass dem so ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man eine zuckerhaltige Zelle in Wasser legt. Man isolire doch eine Zelle aus dem Parenchym der Zuckerrübe oder man lege gleich einen Rübenschnitt in Wasser; das Wasser extrahirt den Zucker aus den unverletzten Zellen, wie Jedermann bekannt ist, und diese Extraction ist ja weiter nichts als eine Diffusion des Zuckers aus dem concentrirten Zelleninhalte in das nicht oder minder in Bezug auf Zucker concentrirte äussere Wasser.

Nur eine Möglichkeit wäre denkbar, wodurch derartige Stoffe der Exosmose entzogen werden könnten, nämlich die Impermeabilität der Membran; aber wo diese zugegen ist, da hört auch jedwede endosmosische Diffusion und die Ernährung der Zelle auf.

Es ist indess wichtig, hier etwas näher auf die Durchgangsfähigkeit der diffusiblen Stoffe einzugehen.

Ich habe früher gezeigt (S. 46), dass die Durchgangsfähigkeit der gelösten Stoffe sehr verschieden ist, d. h. dass der eine Stoff bei der Diffusion leichter durch permeable Membrane geht als der andere. Weiter ist dort gezeigt worden, dass bei Zunahme der Membranwanddicke die Durchgängigkeit oder Diosmose der gelösten Stoffe sehr bedeutend vermindert wird, während die Wasserdiosmose nur unbedeutend leidet. Nimmt die Wandung der Zellenmembran an Dicke zu, so wird auch die Diosmose gewisser weniger durchgangsfähiger Stoffe vermindert sein; bei einem gewissen Grade von Verdickung ist die Diosmose gewisser Stoffe so unbedeutend, dass sie gleich Null angesehen werden kann und je dicker die Membran wird, um so grösser wird der Kreis der nicht durchgangsfähigen Stoffe. Dass derartige Vorgänge auch in der Pflanze vorkommen, steht fest; allein die Lebensthätigkeit der Zelle leidet darunter, die Zelle geht ihrem Tode entgegen. Aber nicht bloss Verdickung der Zellenmembran, auch durch Veränderung ihrer Molecularbeschaffenheit — Verkorkung, Cuticularisirung — können Zustände eintreten, durch welche die Diosmose der Stoffe vermindert und schliesslich unterdrückt wird.

Zuerst also die weniger durchgangsfähigen Stoffe erleiden eine Verminderung ihrer Diosmose; eben so sehr wie dieselben am Austritte, werden sie aber auch am Eintritte in die Zelle verhindert. So kann man sich vorstellen, dass die Zelle, welche viel Zucker gebildet hat und enthält, derart ihre Membran verändert, dass eine Exosmose des Zuckers nicht stattfindet; dabei ist aber auch gleichzeitig ein grosser Theil der Nahrungsstoffe an der Endosmose verhindert; die Lebensthätigkeit der Zelle hat abgenommen. Eine solche Zelle hat vielleicht den Zweck den Zucker aufzubewahren, vielleicht solange, bis unter günstigen chemischen Einflüssen die Zellenmembran wieder permeabel gemacht wird und dann der Zucker hinauszudiffundiren vermag. Aber das sind Vorstellungen, die so lange in's Reich der unbegründeten Hypothesen zu verweisen sind, bis die Pflanzenanatomie solche Zellen gefunden hat. Ich werde später zeigen, dass Anhäufungen leichtdiffusibler Stoffe z. B. des Zuckers in Zellenpartien vorkommen können, ohne dass gerade die Zellenmembran impermeabel geworden ist.

Die schlecht und nicht durchgangsfähigen Stoffe, die eiweiss-,

gummi- und pectinartigen Substanzen, verlassen die Zelle nur in geringer Menge oder, besonders das Eiweiss, gar nicht.

Die Diffusion in Zellencomplexen. Nur wenige Pflanzenarten bestehen aus einer einzelnen Zelle; die meisten bilden eine Vereinigung von vielen Zellen, wobei die Zellen eine der Art entsprechende constante Gruppirung angenommen haben. Wir lassen erst die Form der Gruppirung unberücksichtigt und beschäftigen uns nur mit einem Zellencomplexe, dessen Oberfläche mit der Nahrungsflüssigkeit in Berührung steht, während die innenliegenden Zellen nur in indirecter Weise mit der Nahrungsflüssigkeit in Beziehung stehen.

Alle vorhin erörterten Diffusionsverhältnisse der isolirten Zelle treten hier bei den Zellen der Oberfläche des Pflanzenkörpers, welche eben mit der einen Seite in Berührung mit der Nahrungsflüssigkeit stehen, in die Erscheinung. In dem Zellencomplexe stehen nun die Zellen unter sich mit einander in Berührung; die Zellflüssigkeit sich innig berührender Zellen steht ebenfalls durch die Molecularinterstitien der beiderseitigen Membranen in Zusammenhang, und Diffusionsströmungen können auf diesem Wege aus einer Zelle in die andere gehen. In einem Zellencomplexe, dessen Oberfläche mit einer Lösung sich in Berührung befindet, verbreiten sich die von den oberflächlichen Zellen aus der äussern Lösung aufgenommenen Stoffe auf die Zellflüssigkeit des ganzen Zellencomplexes, soweit wenigstens als diese Zellen vollkommen permeabel sind. Findet in der Mitte des Zellencomplexes durch Assimilation eine Formwandlung der gelösten Stoffe Statt, so wirkt dieselbe von Zelle zu Zelle zurück bis zur Oberfläche und von hier aus in die Lösung. Wird z. B. in der Mitte des Zellencomplexes phosphorsaures Kali zerlegt, die Concentration der Zellflüssigkeit in Bezug auf dieses Salz vermindert, so tritt eine ausgleichende Strömung von den benachbarten Zellen aus ein; die in den letzteren entstehende Concentrationsdifferenzirung wird von den angrenzenden Zellen aus wieder hergestellt, so dass schliesslich die Concentrationsdifferenzirung in den Zellen der Oberfläche anlangt und aus der Lösung neue, das Gleichgewicht herstellende Mengen phosphorsauren Kalis in dieselben eintreten. Stoffwandlung im Innern eines Zellencomplexes hat den Eintritt neuer

Mengen des umgewandelten Stoffes aus der Nahrungsflüssigkeit zur Folge.

Sind in einem Zellencomplexe alle Innenzellen gleichwerthig, d. h. sind ihre Membrane gleich permeabel und gleich functionirend, so werden die gelösten Stoffe, welche von den mit der Nahrungsflüssigkeit in Berührung stehenden Zellen aufgenommen wurden, sich gleichmässig auf den ganzen Zellencomplex verbreiten; die Zellflüssigkeit in den verschiedenen Zellen ist gleich concentrirt. Bei den meisten Pflanzen findet dieses aber nicht Statt; am häufigsten sind die Zellen partienweise gesondert und haben dann die Zellenpartien verschiedene Thätigkeit, verschiedene Diffusionsströmungen. Bei manchen Pflanzen sind die Zellenpartien oft derart von einander verschieden und gesondert, dass jede Zellenpartie ihre eigenen Diffusionsströmungen hat, die unbeeinflusst von benachbarten Zellenpartien vor sich gehen.

Die Diffusion der gelösten Stoffe in der Pflanze können wir also in zwei verschiedene Acte uns zerlegt denken; der erste Act ist die Aufnahme der Nahrungsstoffe von aussen in die Pflanze, der zweite Act die Wanderung der Stoffe durch die Pflanze, sowohl die Wanderung der von aussen aufgenommenen als auch der in der Pflanze erzeugten Stoffe.

In diesem Capitel besprechen wir die Aufnahme und halten dabei nur fest, dass ihre Ursache die Formwandlung oder der Stoffwechsel in der Pflanze ist, ohne uns jedoch weiter um die Wege zu kümmern, auf welchen die Stoffwandlung auf die aufnehmenden Zellen und die Nahrungsstoffquelle zurück wirkt.

Die Aufnahme der gasförmigen Stoffe beruht auf einer Absorption derselben von Seiten der Zellflüssigkeit. Eine Zelle, welche sich in einer Gasatmosphäre befindet und wenn ihre Membran permeabel ist, absorbirt solange die Gase, bis sich das in der Zelle enthaltene Wasser damit gesättigt hat, bis es nichts mehr davon aufzunehmen vermag (vergl. S. 59). Bei den Pflanzen ist es hauptsächlich nur die atmosphärische Luft, aus welcher Gase aufgenommen werden; bei Pflanzen, deren Wurzeln sich in einem lufthaltenden Boden befinden, worin also ein Theil der Bodenräume mit Luft gefüllt ist, kann natürlich auch eine Gasaufnahme aus der Luft des Bodens stattfinden. Alle mit der Luft in Berührung stehenden permeablen Zellen nehmen Gase auf. Nur

bei wenigen Pflanzen ist die ganze in der Atmosphäre befindliche Oberfläche geeignet, Gase zu absorbiren — vielleicht Flechten und einige Lebermoose, sowie Pilze —; bei den meisten Pflanzen ist die Oberfläche zum grössten Theile impermeabel und die Gasabsorption fällt den an den Luftwegen und Intercellulargängen im Innern der Pflanze gelegenen Zellen anheim.

Die von den Gas absorbirenden Zellen aufgenommenen Gase diffundiren gerade so wie die gelösten fixen Stoffe in den Pflanzenkörper weiter hinein; die in der Zellflüssigkeit enthaltenen Gase sind als gelöste Stoffe zu betrachten.

Wenn die Zellflüssigkeit mehr Gase enthält, als sie aufzulösen vermag, so werden dieselben ausgeschieden und treten aus der Pflanze aus; diese Vorgänge haben indess nichts mit der Diffusion zu thun.

Die Nahrungsstoffaufnahme bei untergetauchten Wasserpflanzen.

Am einfachsten zeigen sich die Erscheinungen der Aufnahme da, wo die Pflanze aus einer einzelnen Zelle besteht, oder wo die Zellen perlenschnurähnlich aneinander gereiht sind; hier ist jede Zelle auf sich angewiesen und die Aufnahme ist hier ebenso, wie sie bei der isolirten Zelle geschildert wurde. Hierher gehören die Diatomaceen, Desmidiaceen, die Protococcusarten, die Fadenalgen (Convervaceen), viele Charaarten, sowie verschiedene einzellige in Flüssigkeiten lebende Pilze.

Viele Characeen bestehen aus einer centralen schlauchförmigen Zelle, welche von einem einfachen Kreise von gedrehten schlauchförmigen Zellen umgeben ist. Bei diesen Pflanzen beschränkt sich die Aufnahme auf den äusseren Zellenkreis, während die Nahrungsstoffe aus diesen in die centrale Schlauchzelle, wo der Hauptsitz der Thätigkeit zu sein scheint, hinein diffundiren. Hier tritt also schon die Nahrungsstoffaufnahme und die Diffusion auf, wie ich sie für Zellencomplexe geschildert habe. Bei allen anderen im Wasser untergetaucht vegetirenden Pflanzen — Tangen, Florideen, Lemnaarten u. s. w. — sind die Verhältnisse ähnlich, die Zellen der Oberfläche nehmen die Nahrungsstoffe auf und durch Diffusion verbreiten sie sich auf die Innenzellen; die in den Innenzellen stattfindenden Stoffwandlungen wirken zurück auf die auf-

nehmenden Zellen der Oberfläche und auf die Nahrungsflüssigkeit. Viele dieser Pflanzen machen flächenartige, blattähnliche Ausbreitungen — Tange —, viele und zwar die meisten, welche der Phanerogamengruppe angehören, haben wirkliche Blätter, Wasserblätter. Diese Blätter besitzen keine Spaltöffnungen und ihre Oberfläche ist nicht oder nur äusserst wenig cuticularisirt; die Zellen der Oberfläche sind deshalb mehr oder weniger permeabel und dienen der Aufnahme gelöster Nahrungsstoffe. Wo Stengel zugegen sind, da sind dieselben ebenfalls nicht von der Aufnahme ausgeschlossen. Doch scheinen die älteren Stengel und Blätter an Permeabilität zu verlieren, so dass die Diffusion mehr oder weniger oder ganz gehemmt wird. Die Wurzeln sind demnach nicht die einzigen Aufnahmsorgane bei derartigen Pflanzen. Bei vielen untergetauchten Wasserpflanzen dringt die Wurzel in den Boden des Gewässers ein; doch ist die Aufnahmethätigkeit dieser Wurzeln nicht verschieden von denen im Wasser ausserhalb des Bodens befindlichen; sie befinden sich in einem Boden, der mit Wasser vollständig getränkt ist, in welchem die Wurzeln aus dem Wasser selbst ohne Beeinflussung des Bodens die gelösten Nahrungsstoffe aufnehmen.

Bei allen diesen Pflanzen ist die Aufnahme der Nahrungsstoffe allein nur durch Diffusion erklärbar und hat es bis jetzt auch noch keiner gewagt dagegen zu streiten oder eine andere Theorie aufzustellen; hier liegt die Sache so klar auf der Hand, dass nur der Blinde sie nicht begreifen könnte. Stoffumwandlung ist die Ursache des Eintrittes der Nahrungsstoffe in die Pflanze, indem dadurch die Concentration der Zellflüssigkeit in Bezug auf die umgewandelten Stoffe unter die Concentration der die Pflanze umgebenden Nahrungsflüssigkeit sinkt. Würde in der Pflanze die Concentration der Zellflüssigkeit nicht herabgehen, so wäre den Nahrungsstoffen keine Gelegenheit gegeben in die Pflanze einzutreten, vorausgesetzt, dass die Concentration der Nahrungsflüssigkeit nicht erhöht wird. Die Assimilation findet in der Zellflüssigkeit Statt, alle Veränderungen in dem Gehalte der Zellflüssigkeit hinsichtlich der gelösten Stoffe müssen Diffusionsströmungen hervorrufen — es ist dies eine physicalische Nothwendigkeit.

Ebenso ist es aber auch eine physicalische Nothwendigkeit, dass gelöste leichtdiffusible Stoffe aus der Pflanze herausdiffun-

diren. Die zu dem Leben dieser Pflanzen nothwendigen Stoffe werden jedenfalls aber in Formen zugegen sein, wodurch sie der Exosmose entzogen sind. Leicht lösliche Kohlenhydrate, wie Zucker kommen in derartigen Pflanzen nicht vor, und zwar nicht etwa weil sie aus der Pflanze fortdiffundirt sind, sondern weil sie nicht in der Pflanze gebildet werden. Stärkemehl hingegen ist in ihnen enthalten, aber dieses vermag die Pflanze nicht zu verlassen, eiweiss- oder gummiartige Stoffe sind ebenfalls an der Exosmose verhindert. Kurz alle zum Leben nöthigen Stoffe verbleiben in der Pflanze.

Um dem Leser einen Einblick in die Beziehungen zwischen den in den Wasserpflanzen enthaltenen und in ihrer Nahrungsflüssigkeit gelösten mineralischen Stoffen zu geben, will ich hier eine Analyse Liebig's von Wasserlinsen (Lemna) und des Wassers, worin sie vegetirten, geben. Das Wasser sowie die Pflanzen stammten aus einem künstlichen Sumpfe des botanischen Gartens zu München.

	Lemna:	Wasser:	
	100 Theile getrockneter Linsen geben 16,6 Theile Asche. In 100 Th. der Asche sind enthalten:	1 Litre Wasser enthielt 0,415 Gramm Salzrückstand. In 100 Th. des Salzrückstandes enthalten:	In 1 Litre des Wassers ist enthalten in Grammen:
Kalk	16,82	35,00	0,145
Bittererde	5,08	12,26	0,051
Chlornatrium	5,90	10,10	—
Chlorkalium	1,45	—	—
Kali	13,16	3,97	0,017
Natron	—	0,47	—
Eisenoxyd mit Spuren von Thonerde	7,36	0,72	—
Phosphorsäure	8,73	2,62	0,011
Schwefelsäure	6,09	8,27	0,034
Kieselsäure	12,35	3,24	0,014

Kali, Eisenoxyd, Phosphorsäure und Kieselsäure hatten sich in der Pflanze gesammelt, denn in dem Wasser waren sie nur in geringer Menge zugegen. Wären alle diese Stoffe nur in demjenigen Verhältnisse in die Pflanze eingetreten, in welchem sie im Wasser gelöst waren, so würde die Zusammensetzung der Wasserlinsen-Asche jedenfalls nicht verschieden von der Asche des Salz-

rückstandes gewesen sein. Auf welche Weise die eben genannten Stoffe in der Pflanze zurückgehalten wurden, in welcher Verbindung sie dort existirten und der Exosmose entzogen wurden, lässt sich nicht beurtheilen, jedenfalls aber waren sie in unlöslicher Form vorhanden, sonst würden sie, und besonders das in seinen meisten Salzformen leicht lösliche und leicht diffusible Kali, aus der Pflanze zurückdiffundirt sein. Es würde zur Aufklärung der Assimilation in der Pflanze von bedeutendem Interesse sein, eben jene Zustände der Nahrungsstoffe zu untersuchen.

Bei vielen Wasserpflanzen findet eine massenhafte Anhäufung des kohlensauren Kalkes Statt und zuweilen auch des Eisenoxyds, wie die folgenden Aschenanalysen zeigen. Alle die nachgenannten Pflanzen vegetiren untergetaucht im Wasser. Die Analyse der Asche von Chara foetida ist von Schulz-Fleth, die übrigen sind von Garreau.*)

In 100 Theilen der Asche war enthalten:

Aschenbestandtheile.	Chara foetida.	Chara hispida.	Ulva intestinatis.	Potamogeton lucens.
Kali	0,49	1,41	3,24	13,17
Natron	0,18			
Chlornatrium	0,14	—	—	—
Eisenoxyd	0,04	2,00	2,20	2,50
Kalkerde	54,73	46,80	39,20	36,77
Magnesia	0,57	4,75	7,12	5,24
Phosphorsäure	0,31	0,46	0,96	1,84
Schwefelsäure	0,24	0,46	0,92	1,18
Kohlensäure	42,60	40,45	38,68	31,70
Chlor und Jod	—	1,13	2,46	(Cl) 2,43
Kieselsäure	0,7	2,00	3,00	1,60
Kohle u. Verlust	—	0,54	2,04	2,97

100 Theile Trockensubstanz von Chara foetida enthielt 54,58 Asche.

*) Schulz-Fleth, der rationelle Ackerbau S. 358 — Garceau, Recherches expérimentales sur la distribution des Matières minérales fixes dans divers organes des plantes. Lille 1859, pag. 27 u. 28.

Das Wasser, worin die Pflanzen vegetirten, enthielt den kohlensauren Kalk gelöst durch Kohlensäure, und jedenfalls nicht in viel beträchtlicher Menge, wie auch das Sumpfwasser in der Liebig'schen Analyse. Dass die massenhafte Anhäufung des Kalkes in diesen Pflanzen von dem gelösten kohlensauren Kalke des Wassers herstammt, ist unzweifelhaft, und was könnte Anderes bestimmend für den Eintritt so grosser Mengen gewesen sein, als eben die beständige Ausfällung des Kalkes in der Zellflüssigkeit und die dadurch bewirkte Concentrationserniedrigung? Bei Chara hispida, Ulva und Potamogeton findet sich auch die Magnesia in grösserer Menge und bei dem letzteren steigt der Gehalt an Alkalien zu einer schon beträchtlichen Höhe.

Beiläufig will ich auch noch auf den Dungwerth dieser Stoffe so wie aller derartiger Wasserpflanzen aufmerksam machen. Die Characeen finden sich in langsam fliessenden Bächen, in Seen und Sümpfen und sind wegen ihres grossen Kalkgehaltes, der oft bis zu 66 Procent der trocknen Pflanzen an kohlensaurem Kalke geht, als ausgezeichnete Kalkdüngung zu verwenden, umsomehr, als neben dem Kalke auch noch beträchtliche Mengen Magnesia in der Regel vorhanden sind. Ebenso verhalten sich Ulva und alle Süsswasseralgen, die oft in grossen Mengen, gewöhnlich Wasserflachs genannt, die Oberflächen der Seen und Teiche überziehen. Potamogeton ist eine phanerogame Pflanze, die viele Verwandte hat, welche sich durch ihren reichen Gehalt an mineralischen Stoffen auszeichnen. An den Seeküsten sind die vom Meer ausgeworfenen Tange reiche Dungstoffe und sollten mehr benutzt werden als dies an den deutschen Küsten geschieht. Alle diese Pflanzen zeichnen sich durch eine leichte Zersetzbarkeit aus.

Nahrungsstoffaufnahme bei den luftumflutheten Wasserpflanzen.

Bei diesen Wasserpflanzen erhebt sich ein Theil des Stengels mit seinen Nebenorganen in die Atmosphäre, während der untere Theil des Stengels mit den Nebenorganen in das Wasser taucht und die Wurzel sich entweder im Wasser befindet oder in den Grund des Gewässers eindringt. Sie nehmen gleichzeitig aus der Luft und aus dem Wasser Nahrungsstoffe auf. Zu ihnen gehört

eine grosse Zahl phanerogamer Pflanzen, und sehr viele Landpflanzen können in solche Wasserpflanzen verwandelt werden.

Haben diese Pflanzen Wasserblätter, so nehmen diese, wie auch bei den untergetauchten Wasserpflanzen, flüssige Nahrung auf. Die in die Atmosphäre hineinragenden Blätter sind echte Luftblätter und haben ganz den Bau der Blätter der Landpflanzen; bei den schwimmenden Blättern hingegen ist die untere auf dem Wasser ruhende Blattfläche ohne Spaltöffnungen und wahrscheinlich sind die Epidermiszellen für flüssige Stoffe durchdringbar, permeabel; die obere Seite hat Spaltöffnungen und die Epidermiszellen sind von Cuticula überzogen und für flüssige Stoffe, sowie für Gase undurchdringbar.

Die Verdunstung des Wassers aus den Blättern und ihre Einwirkung auf die Nahrungsstoffaufnahme. Bei diesen Pflanzen tritt uns zuerst die Verdunstung des Wassers aus dem Gewebe durch die Blätter entgegen. Gleichwie geschlossene permeable Membrane das Wasser an die nicht mit Wasserdunst gesättigte Luft abgeben, geschieht dies auch bei der Zelle. Eine der Luft ausgesetzte Zelle oder ganze Gewebstheile hauchen so lange das Wasser aus, bis sie vollständig vertrocknet, ausgetrocknet sind. Bei manchen niedrigen Pflanzengruppen — wie bei den Flechten und Lebermoosen — scheint die ganze der Luft ausgesetzte Oberfläche Wasser zu verdunsten. Die Permeabilität der Zellen an der Oberfläche dieser Pflanzen scheint jedoch nicht bedeutend zu sein; wäre dieses der Fall, so würde die starke Verdunstung des Wassers sehr deprimirend auf ihre Vegetation einwirken; jedenfalls ist die Permeabilität so schwach, dass das Wasser nur langsam wegdunstet und nur bei anhaltend trockner Luft ein Austrocknen der Pflanze stattfindet. Aber alle diese Pflanzen haben die merkwürdige Eigenschaft, bei dem Vertrocknen so leicht nicht zu Grunde zu gehen; vom Sonnenbrande und von trockner Luft gedörrt, erholen sie sich sehr bald wieder, wenn ihnen durch Regen, durch Thauniederschläge oder dergleichen von Neuem Wasser zugeführt wird. Bei den Pflanzen der höherorganisirten Gruppen ist die Blattoberfläche durch Cuticulaüberzüge impermeabel und die Verdunstung kann nur aus jenen Zellen stattfinden, welche an den Lufthöhlen, Athemgängen und an den in die eben genannten Höhlen mündenden Intercellulargängen liegen. Hauptsächlich ist es das Blatt, welches Wasser verdunstet, indess können

auch die grünen Stengeltheile, insofern diese mit Spaltöffnungen versehen sind, Theil daran nehmen.

Welche Erscheinungen werden nun durch die Verdunstung in der Bewegung der Stoffe bei der Pflanze hervorgerufen?

Der Inhalt der verdunstenden Zellen, die Zellflüssigkeit, nimmt in Bezug auf alle darin gelösten Stoffe an Concentration zu; die leichtdiffusiblen Stoffe, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, veranlassen eine Strömung des Wassers aus den benachbarten Zellen, eine Strömung, die zurückgeht bis in die mit der Nahrungsflüssigkeit in Berührung stehenden Wurzelzellen und neue Mengen Wasser eintreten macht. Mehr aber noch wie diese wirken die schlechtdiffusiblen Stoffe des Zelleninhaltes auf die Ersetzung des durch die Verdunstung fortgegangenen Wassers. Die eiweiss- und gummiartigen Stoffe des Zelleninhaltes bewirken eine beständige endosmosische Wasserströmung; dieselbe wird nur gehemmt durch die Grenze des Ausdehnungsvermögens der Membran. Verdunstet nun aus den verdunstenden Zellen Wasser fort, so verliert die Membran an Spannung und der endosmosische Wasserstrom führt sofort wieder so lange Wasser in die Zellen ein, bis die frühere Spannung wiederhergestellt ist, bis also die Membran sich nicht mehr auszudehnen vermag. Kurz, wenn die Spannung der Membran nachlässt, so kann die endosmosische Wasserströmung, von dem Eiweiss u. s. w. veranlasst, sofort wieder in Thätigkeit treten. Die verdunstenden Zellen erhalten das Wasser von den angrenzenden noch gespannten Zellen, und während die Spannung dieser sich verliert, erhalten auch sie das Wasser wieder von den benachbarten Zellen; eine Stömung, die bis in die Wurzeln geht und neue Quantitäten Wasser in die Pflanze eintreten macht. Kann in die Wurzeln, z. B. in einem wasserarmen Boden, nicht soviel Wasser eintreten, als aus den Blättern fortdunstet, so wird die Spannung der Zellen insgesammt vermindert, und weil der durch die Spannung der Zellen bewirkte gegenseitige Druck die Straffheit des Gewebes erzeugt, so wird das Gewebe bei verminderter Spannung erschlaffen; bei mangelhafter Wasserzufuhr tritt also jene Erscheinung ein, welche man gewöhnlich Welken nennt.

Diese durch die Verdunstung erzeugte Wasserströmung aus der Nahrungsflüssigkeit in die und durch die Pflanze hat aber, wie man leicht einsieht, nichts mit dem Uebergange der Nahrungsstoffe in die Pflanze zu thun. Wenn aus den verdunstenden Zellen Wasser

fortgeht, so wird augenblicklich dadurch die Concentration in Bezug auf die gelösten Stoffe erhöht und es müssten diese, um ihre Concentration auszugleichen, nach den benachbarten nach innen liegenden Zellen aus den verdunstenden Zellen wegdiffundiren; dieses wird jedoch verhindert durch schnelle Aufnahme des fortgedunsteten Wassers mit Hülfe der eiweissartigen Stoffe. Und so geht die Ausgleichung hinab bis zur Wurzel. Die eiweissartigen Stoffe sind es mithin, welche das Wasser von der Wurzel bis zu den Blättern leiten, um das fortgedunstete zu ersetzen; eine Diffusion der gelösten Stoffe wird dadurch nicht veranlasst, wenigstens keine in der Richtung von der Wurzel zu den Blättern.

Die Verdunstung in den Blättern, wenn mit den Wurzeln Wasser in genügender Menge in Berührung steht, hat nur den Eintritt neuer Mengen Wasser in die Pflanze zur Folge, nicht aber den Eintritt neuer Mengen gelöster Stoffe.

Befindet sich die Wurzel in einer so geringen Menge Wasser oder Nahrungsflüssigkeit, dass durch Verlust von verhältnissmässig kleinen Mengen Wasser die Concentration wesentlich verändert wird, so werden die Verhältnisse andere. Eine blätterreiche Pflanze in 1 Litre Nahrungsflüssigkeit – in einer Lösung verdünnter Salze — führt schnell alles Wasser durch Verdunstung aus den Blättern fort, von aussen tritt es in die Pflanze ein, um aus den Blättern wieder fortzudunsten. Es ist klar, dass unter diesen Verhältnissen die Concentration der Nahrungsflüssigkeit um so mehr zunehmen muss, als Wasser in die Pflanze eintritt; die Concentrationserhöhung in der Nahrungsflüssigkeit hätte demnach einen Uebergang der gelösten Stoffe in die Pflanze zur Folge. Wenn alles Wasser der Nahrungsflüssigkeit in die Pflanze eingetreten ist, so sind auch alle gelösten Stoffe in die Pflanze hineindiffundirt. Wird aber soviel Wasser, als aus der Pflanze fortdunstet, fortwährend der äusseren Nahrungsflüssigkeit zugeführt, so hat die Verdunstung auch nicht den geringsten Einfluss auf die Ueberführung der gelössten Stoffe in die Pflanze. Dasselbe findet Statt, wenn Pflanzen in grossen Wassermassen — in Seen, Teichen, Bassins u. s. w. — vegetiren, wo der Verlust des fortdunstenden Wassers im Verhältniss zu der ganzen Wassermasse so unbedeutend ist, dass dadurch die Concentration gar keine oder nur höchst unbedeutende Veränderungen erleidet.

Vor kurzer Zeit, vor wenigen Jahren noch, lehrte man, dass

die Verdunstung des Wassers aus den Blättern die Ursache des Eintrittes der gelösten Stoffe in die Pflanze sei. Man stellte sich die Pflanze als ein Pumpwerk vor; durch die Verdunstung gehe das Wasser aus der Pflanze fort und neue Mengen Wasser müssten dafür durch die Wurzeln in die Pflanze einströmen; die mit der Wurzel in Berührung befindliche Flüssigkeit — eine verdünnte Lösung von Salzen — trete als solche in die Pflanze ein. Man kann sich diese Ansicht am besten experimentell veranschaulichen. wenn man eine lange Glasröhre, nachdem sie mit Eiweisslösung gefüllt ist, an beiden Enden mit permeablen Membranen — Collodiummembran, thierischen Häuten, wie Blase oder Darm - verschliesst. das eine Ende in eine Lösung verschiedener Salze setzt. während man das andere Ende in der Luft lässt. Durch die der Luft ausgesetzte Membran verdunstet das Wasser aus der Röhre fort; es entsteht dadurch ein luftverdünnter Raum und der atmosphärische, auf die Oberfläche der äusseren Salzlösung wirkende Druck. presst die Salzlösung in toto in die Röhre hinein. Befindet sich in der Lösung Kali. Natron und Kalk in dem Verhältnisse von 1 : 2 : 3, so treten diese Stoffe auch in diesem Verhätnisse in die Röhre ein. So sollte auch die Verdunstung des Wassers aus der Pflanze die äussere Flüssigkeit in toto in die Pflanze einführen; wenn sich das obige Verhältniss des Kali's. Natrons und Kalkes in der Flüssigkeit vorfand. so sollten diese Stoffe auch in dem Verhältnisse wie 1 : 2 : 3 in die Pflanze eintreten und müssten in diesem Verhältnisse dann auch in der Asche der Pflanze gefunden werden. Dass dieses nicht stattfindet. hat de Saussure vor 50 Jahren schon nachgewiesen. Er liess Pflanzen in Salzlösungen von bekanntem Gehalte vegetiren und untersuchte die Salzlösung auf ihren Gehalt, wenn die Hälfte ihres Wassers durch die Pflanze verdunstet war. Setzte er den ganzen Gehalt der Lösung bei dem Beginn des Versuches gleich Hundert. so musste die Hälfte des Salzes in die Pflanze eingetreten sein, wenn die Hälfte des Wassers der Lösung in die Pflanze eingetreten und aus derselben fortgedunstet war. Enthielt die Lösung z. B. in 1 Litre 1 Gramm schwefelsaures Kali, so müsste ½ Gramm von diesem Salze eingetreten sein, wenn ½ Litre des Wassers fortgegangen war. Aber das ½ Litre Wasser hatte weit weniger schwefelsaures Kali in die Pflanze eingeführt. Von 100 Salz traten mit der Hälfte des Wassers höchstens 20 statt 50 Procent in die Pflanze ein. Die

de Saussure'schen Versuche hatten die Unrichtigkeit dieser Theorie vollständig erwiesen, und doch schleppte sie sich noch bis zu unseren Tagen fort. Justus v. Liebig zeigte, dass das Verhältniss der mineralischen Stoffe in der Pflanze ein ganz anderes ist, wie in dem Wasser, welches den untersuchten Pflanzen zur Nahrung diente. Ehe Liebig sich gegen diese Theorie aussprach (1859). hatte der leider zu früh verstorbene Schulz-Fleth schon auf die Unrichtigkeit derselben hingewiesen und die Aufnahmeerscheinungen. sowie die Beziehungen der Verdunstung des Wassers aus der Pflanze zu der Aufnahme der Nahrungsstoffe in ihr gehöriges Licht gestellt. Er war es, welcher zuerst nachwies, dass die Diffusion und die Concentrationsdifferenzirung der gelösten Stoffe den Eintritt derselben in die Pflanze veranlassen, er war es, der zuerst die Gesetze der Diffusion bei der Aufnahme der Nahrungsstoffe in ihre Rechte einsetzte (1856). Ich habe darauf die Beziehungen der Diffusion zur Nahrungsstoffaufnahme durch weitere Untersuchungen studirt und die Unrichtigkeit der Verdunstungstheorie darzuthun, sowie die Einwürfe gegen die Diffusionstheorie zu entkräften gesucht. An diesem Orte ausführlicher darauf einzugehen, würde mich zu weit führen, und verweise ich auf das unten angeführte Werk u. s. w.*)

Ich habe vorhin angegeben, dass die Verdunstung zwar auch aus der Nahrungsflüssigkeit gelöste Nahrungsstoffe in die Pflanze einzuführen vermöge; es ist dieser Vorgang aber ein von jener Verdunstungstheorie wesentlich verschiedener. Die Verdunstung wirkt nur auf die Weise, dass sie der Nahrungsflüssigkeit Wasser entzieht und diese dadurch concentrirter macht, wodurch eine Ausgleichung der Concentration innerhalb und ausserhalb der Wurzelzellen, eine Diffusion der gelösten Stoffe aus der Nahrungsflüssigkeit auf das Wasser der Zellflüssigkeit herbeigeführt wird. Die Menge der in die Pflanze hineindiffundirenden gelösten Stoffe steht im Verhältniss zu der Concentration innerhalb und ausserhalb der Wurzelzellen, nicht aber im Verhältniss zu dem in die Pflanze eintretenden Wasser; nicht in dem durch die Verdunstung erzeugten Wasserstrome werden sie gleichsam mit in die Pflanze hineingeschleppt, sondern unabhängig von ihm diffundiren sie, dem Ausgleichungsstreben folgend, auf das Wasser der Zellflüssigkeit in der

*) Die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze.

Pflanze — die gelösten Nahrungsstoffe treten deshalb nicht in dem Verhältnisse, in welchem sie sich in der Nahrungsflüssigkeit befinden, die Nahrungsflüssigkeit tritt nicht in toto in die Pflanze ein.

Die Verdunstung des Wassers aus den Blättern ist die Hauptursache des Eintrittes des Wassers in die Pflanze; bei Wasserpflanzen führt die Verdunstung des Wassers aus den Blättern direkt keine gelöste Nahrungsstoffe in die Pflanze ein.

Die Aufnahme der gelösten Nahrungsstoffe. Wie bei den eigentlichen Wasserpflanzen, so ist bei den in Rede stehenden Pflanzen der Uebergang aus dem Wasser in die Pflanze hauptsächlich durch die im Innern der Pflanze stattfindende Assimilation bedingt; dass hier aber auch Erhöhung der Concentration der Nahrungsflüssigkeit mitwirken kann, versteht sich von selbst.

Die Aufnahmeerscheinungen sind besonders bei diesen Pflanzen am meisten experimentell studirt worden, und zwar nicht nur an eigentlichen Wasserpflanzen, sondern auch an Landpflanzen, welche man in Wasser erzog und vegetiren liess. Schon die älteren Pflanzenphysiologen versuchten diese Art der Vegetation, um sich Aufschlüsse über die Ernährung der Pflanze zu verschaffen. Soviel wie mir bekannt ist, war es Duhamel, welcher zuerst Landpflanzen in Wasser erzog; so gelang es ihm, Bohnen mit reifen Früchten in Flusswasser zu erziehen und eine Eiche acht Jahre lang in Wasser lebend zu erhalten. Später sehen wir de Saussure mit Vegetationsversuchen in wässrigen Salzlösungen hervortreten. In der neueren Zeit war es Julius Sachs, welcher auf diese Methode hinwies, welche von ihm als diejenige bezeichnet wurde, die am ehesten Aufschlüsse über die physiologischen Vorgänge in der Pflanze erwarten lasse. Neben J. Sachs beschäftigten sich mit solchen Vegetationsversuchen umfassend Knop, Stohmann, Nobbe und Siegert u. s. w. Anfangs wollte es nicht recht gelingen, den normalen Entwickelungsgang der Pflanzen herbeizuführen; die vom Keime an in Wasser vegetirenden Pflanzen bildeten nicht, oder doch nur wenig mehr organische Masse als ihre Saamen enthielten; es war also dabei nur eine Wanderung der organischen Stoffe aus dem Samen in die neugebildeten Pflanzentheile eingetreten; die Assimilation der anorganischen Nahrungsstoffe, die Verwandlung derselben in organische Masse war eine höchst kümmerliche, wenngleich die anorganischen

Stoffe aus der Nahrungsflüssigkeit in verhältnissmässig grossen Mengen in die Pflanze hineindiffundirt waren. Man verwendete zu diesen Flüssigkeiten Lösungen aller derjenigen Salze, die man zur Ernährung der Pflanze nöthig glaubte. Erst allmählig lernte man die Bedingungen dieser Art der Vegetation kennen und es gelang denn auch, Pflanzen vom Keime an in derartigen Nährstofflösungen zu erziehen, wobei dieselben ihren normalen Entwickelungsgang durchmachten, zur Blüthe und Samenreife gelangten und die organische Masse sehr bedeutend vermehrten. Die Erziehung und vollständige Entwickelung von Landpflanzen in wässrigen Nährstofflösungen steht als Thatsache da.

Bei diesen Versuchen zeigte es sich nun, dass alle in der Nährstofflösung befindlichen gelösten Stoffe in die Pflanze eintreten, von dem einen mehr, von dem anderen weniger, jenachdem sie in der Pflanze consumirt werden. Auffallend, wenigstens einigen Experimentatoren auffallend, war der Umstand, dass manche Nährstoffe, wie die Phosphorsäure, der Nährstofflösung in ganzer Menge entzogen wurden. Die Ursache liegt sehr nah: das phosphorsaure Salz erlitt in der Pflanze irgend eine Umwandlung, wodurch die Concentration der Zellflüssigkeit beständig in Bezug auf dieses Salz herabgesetzt wurde und aus der Nährstofflösung in die Pflanze eintreten musste. Dauerte die Umwandlung und Zersetzung oder Ausscheidung in unlösliche Form lange genug fort, so musste natürlich die ganze in der Nährstofflösung enthaltene Menge Phosphorsäure in die Pflanze eintreten. Die Assimilation und ihre Beziehungen zur Diffusion waren also nur die Ursache dieses Verschwindens der Phosphorsäure aus der Nährstofflösung, und anders Nichts. Und doch soll diese Thatsache, wie einige Widersacher der Diffusion der Pflanze wollen (Dr. Zöller, Dr. Knop), ein Beweis dafür sein, dass die Nahrungsstoffe nicht durch Diffusion in die Pflanze eingeführt werden.

Alle gelösten Stoffe, welche eine solche Nährstofflösung der Pflanze anbietet, nimmt diese auf und grössere Mengen der gelösten, nicht zur Ernährung dienenden Stoffe treten in die Pflanze ein, wenn in derselben Vorgänge stattfinden, wodurch diese Stoffe aus der Lösung ausgeschieden oder in andere chemische Formen übergeführt werden. Ich will hier nur an Kupfervitriol erinnern, von welchen schon de Saussure nachgewiesen hat, dass er in weit grösserer Menge als irgend ein anderes Salz in die Pflanze eintritt;

das schwefelsaure Kupfer verbindet sich mit dem Eiweiss der Zellflüssigkeit zu Kupferalbuminat, wodurch das Kupfer unlöslich aus der Zellflüssigkeit ausgeschieden und der Eintritt grösserer Mengen verursacht wird. Die Eiweissausscheidung aber, wenn sie in einigermaassen bedeutender Weise auftritt, zerstört die normale Zellenthätigkeit und führt den Tod der Pflanze herbei. Auf diese Weise verhalten sich noch viele andere Stoffe. Es war also vollständig ungerechtfertigt, der Pflanze ein qualitatives Wahlvermögen zuzuschreiben; aus einer Anzahl gelöster Stoffe vermag sie nicht die ihr nöthigen auszuwählen; wie ich gezeigt habe, kann man höchstens von einem quantitativen Wahlvermögen sprechen, weil die Pflanze durch die in ihr stattfindenden Assimilations- und Stoffwechselvorgänge so viel von den Nahrungsstoffen aufzunehmen vermag, als zu ihrer Ernährung und Entwicklung nöthig ist.

Die Aufnahme der gasförmigen Nahrungsstoffe. Diese erfolgt durch die von der atmosphärischen Luft umflutheten Theile der Pflanze. Die atmosphärische Luft dringt durch die Spaltöffnungen in die Luftgänge, Athemhöhlen und in die Intercellulargänge ein; die Zellflüssigkeit der an diese Hohlräume angrenzenden Zellen absorbiren die gasförmigen Stoffe. In quantitativer Hinsicht entscheidet bei der Aufnahme dieser Stoffe hauptsächlich das Absorptionsvermögen der Zellflüssigkeit gegen die Gase und wird man dasselbe dem reinen Wasser nahekommend annehmen dürfen. In zweiter Reihe wirkt erst die Formwandlung der aufgenommenen Gase in der Pflanze auf die eintretende Menge derselben.

Das Wasser nimmt von Stickstoff nur $^{18}/_{1000}$ seines Volums, von Sauerstoff nur $^{37}/_{1000}$ seines Volums auf; die Zellflüssigkeit wird also von diesen Gasen nur höchst unbedeutende Mengen aufzunehmen vermögen; sobald sie gesättigt ist, hört der Eintritt dieser Gase auf. Eintritt neuer Mengen kann nur dann stattfinden, wenn die gesättigte Zellflüssigkeit auf irgend eine Weise ärmer an Stickstoff- und Sauerstoffgas wird. Dies scheint nun bei dem Sauerstoff der Fall zu sein, indem er zuweilen im Stoffwechsel oder in anderen Vegetationsprocessen consumirt wird, was nach allen bisherigen Erfahrungen bei Stickstoffgas nicht der Fall ist. Ammoniak, kohlensaures Ammoniak, Schwefel- und Phosphorwasserstoffgas können sich in so grosser Menge in Wasser auflösen, dass bei dem äusserst geringen Gehalte der Atmosphäre an denselben, eine Sättigung der Zell-

flüssigkeit ganz unmöglich ist. Anders verhält es sich mit der Kohlensäure; bei gewöhnlicher Temperatur vermag ein Volum reines Wasser ein gleiches Volum Kohlensäure zu absorbiren und die atmosphärische Luft ist weit reicher daran als an den zuletzt genannten Gasen. Die Zellflüssigkeit, die jedenfalls weniger zu ihrer Sättigung bedarf, wird sich leicht mit Kohlensäure sättigen können, wenn nicht durch Zersetzung ein Theil der Kohlensäure verschwindet; bei Nacht wird also eine Sättigung einzutreten vermögen.

Die Kohlensäure wird in der Pflanze in Menge zersetzt; und weil diese Zersetzung am Tage im Sonnenlichte fast ausschliesslich vor sich geht, so sind am Tage auch die Bedingungen zu einer quantitativ stärkeren Aufnahme gegeben. Bei Nacht und im Dunkeln ist die Aufnahme sehr gering, vielleicht meistens gleich Null.

Mancher Leser wird sich sehr schwer nur eine Vorstellung davon machen können, auf welche Weise die Pflanze einem gerade nicht sehr langsam an ihr vorübergehenden Luftstrome die pflanzennährenden Gase entziehen kann, in welchem zudem diese Gase in äusserster Verdünnung vorhanden sind. Der nachfolgende Versuch wird das mehr zur Anschauung bringen.

Eine an ihrem Stocke noch befindliche Weinrebe mit 20 Blättern wurde in einen Glasballon geführt und die Oeffnung des Ballons so verkittet, dass die Luft durch dieselbe nicht eindringen konnte. Der Ballon war aber so eingerichtet, dass beständig ein Luftstrom durch denselben hindurch ging. An den Blättern der Rebe strich also beständig ein Strom frischer Luft, deren Kohlensäuregehalt bekannt war, vorbei. Die in den Ballon eintretende Luft enthielt in 10,000 Theilen 4,5 Theile Kohlensäure, die aus dem Ballon austretende, über die Blätter hinweggegangene Luft hingegen zeigte nur noch einen Kohlensäuregehalt von 1—2 Theilen in 10000; die Blätter hatten der Luft also die Hälfte bis drei Viertel ihres Kohlensäuregehaltes entzogen.

Die Blumenblätter besitzen das Vermögen, der sie umfluthenden Luft Sauerstoffgas zu entziehen, und zwar ist diese Sauerstoffabsorption um so stärker, als die Blumen aromatischer, als sie reicher an ätherischen Oelen sind. Wenn man Blumen, ohne sie von der Pflanze zu trennen, in eine Glasglocke bringt, so kann man sich leicht überzeugen, dass eine Verminderung des Sauerstoffgases der abgesperrten Luft eintritt. Ob hierbei das Sauerstoffgas von der Zellflüssigkeit der Blumenblätter aufgenommen wird, weil in

ihm Sauerstoff consumirende Stoffe enthalten sind, oder ob die von den Blumenblättern ausgehauchten ätherischen Oele den Sauerstoff binden, ist bis jetzt nicht entschieden.

Lange ist man der Meinung gewesen, dass die Pflanzen auf demselben Wege, auf dem sie Gase absorbiren, auch das Wassergas aufnehmen könnten. Es war dieses jedoch ein entschiedener Irrthum, es ist eine physicalische Unmöglichkeit. Die gasaufnehmenden Zellen sind mit wässrigen Lösungen gefüllt; sie müssen daher Wasser an die nicht mit Wassergas gesättigte Luft durch Verdunstung abgeben und zwar so lange, bis sie vollständig vertrocknet sind. Dieselbe Zelle aber, die Wasser verdunstet, kann nicht gleichzeitig auch Wasserdunst absorbiren. Selbst aus einer mit Wassergas gesättigten Luft, wie sie in der Natur jedoch selten vorkommt, können die Pflanzen Wassergas aufnehmen. Es ist dies durch neuere Versuche vollständig entschieden. Knop liess z. B. eine Pflanze in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre vegetiren, wobei der Versuchsapparat so angeordnet war, dass die aus der feuchten Atmosphäre aufgenommene Wassermenge bestimmt werden konnte. Die Pflanze nahm aber kein Wasser in Form des Gases auf; im Gegentheile, es dunstete noch Wasser aus der Pflanze fort, was dadurch hervorgerufen wurde, dass die Temperatur der Atmosphäre stieg, ihre Sättigungscapacität für Wasserdunst erhöht wurde und dadurch die Pflanze noch Wasserdunst an die Atmosphäre abgeben musste. Duchartre beobachtete dasselbe und Julius Sachs beobachtete sogar, dass die Wurzeln nicht einmal im Stande sind, Wassergas aus einer gesättigten Atmosphäre aufzunehmen.

Wenn eine Pflanze Wasser durch die Luftfeuchtigkeit zugeführt erhält, so ist es der Thauprocess, welcher das Wassergas auf den Blättern condensirt, wobei alsdann das Wasser aber in tropfbar flüssigem Zustande in die Pflanze eindringt. Alle Pflanzen, welche ausschliesslich in der Atmosphäre leben, welche also nicht mit einer Quelle tropfbarflüssigen Wassers in Verbindung stehen, können ihr Wasser nur durch den Thauprocess zugeführt erhalten. Ich werde später darauf zurückkommen.

Dasselbe gilt auch von den sogenannten Luftwurzeln.

Was die exosmosischen Erscheinungen bei den in Rede stehenden Wasserpflanzen betrifft, so gilt hier wohl dasselbe, was

von den untergetauchten Wasserpflanzen gesagt wurde. Die nicht oder schwer diffusiblen und durchgangsfähigen Stoffe können nicht aus der Pflanze herausdiffundiren; leicht diffusible organische Stoffe werden der Exosmose durch Auftreten in unlöslichen Formen entzogen, wie etwa Säuren in Verbindung mit Basen, wenn solche leichtdiffusiblen Stoffe überhaupt in der Pflanze gebildet werden. Man kann sich auch vorstellen, dass leichtdiffusible Stoffe in Geweben eingeschlossen sind, deren Diffusion durch impermeable Zellenschichten von dem zur Wurzel führenden Diffusionswege abgeschlossen ist. So wissen wir z. B., dass in den Monokotyledonen das mit der Wurzel in Verbindung stehende Cambium hauptsächlich die gelösten Stoffe in die Pflanze einführt; in den älteren Theilen der Pflanze ist nun das Cambium der Gefässbündel durch luftführende Gefässe von dem umgebenden Parenchym abgeschlossen und Diffusionsströmungen können nur schwer aus dem Parenchym in das Cambium eintreten; befindet sich in diesem Parenchym Zucker, so würde derselbe nicht in das Cambium gelangen können und die Diffusion zu der Wurzel und die Exosmose mehr oder weniger erschwert sein. In dieser Beziehung dürfte die Pflanze mannigfaltige Vorrichtungen besitzen, über welche die Anatomie erst in Zukunft uns Aufschluss geben wird.

Nichtassimilirte und gelöste Nahrungsstoffe werden sich der Diffusion nach aussen aber nicht entziehen können, wenn die Bedingungen zu exosmosischen Strömungen gegeben sind. Man setze nur eine in einer verdünnten Salzlösung erzogene Pflanze in destillirtes Wasser, und man wird sich von der Exosmose der verschiedensten Stoffe überzeugen können; eben so, wenn man eine an einer beliebigen Stelle von dem untern Theile abgeschnittene Pflanze in destillirtes Wasser setzt.

Knop liess Mais vom Keime an in wässrigen Lösungen der verschiedensten Nährstoffe vegetiren, setzte beim Beginn der Blüthe die Pflanzen in destillirtes Wasser, in welchem dieselben reiften. Die Pflanzen hatten bis dahin in runder Zahl 4.1 Gramm mineralischer Stoffe aufgenommen, wenn man von der Salpetersäure absieht. In den ersten 6 Tagen diffundirte aus der Pflanze in das destillirte Wasser:

0,016	Gramm	Kali,
0,008	„	Kalk,
0,001	„	Phosphorsäure.

in weiteren 19 Tagen:		
0,0034	Gramm	Kali,
0,0510	„	Kalk,
0,0060	„	Phosporsäure,
0,0070	„	Talkerde,
in Summa 0,0924	Gramm.	

In runder Summe diffundirten mithin aus der Pflanze 0.1 Gramm. Bei dem Einsetzen der Pflanze in das destillirte Wasser befanden sich in der Pflanze gewiss weit mehr anorganische gelöste Stoffe, da aber bei dem Blühen und bei der Samenbildung immer noch Stoffe consumirt und der Zellflüssigkeit entzogen werden, so kann es nicht auffallend sein, dass so geringe Mengen nur aus der Pflanze heraus diffundirten. Dieser Versuch giebt uns einen Einblick in die quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels und der Assimilation der anorganischen Stoffe, giebt uns aber auch den Beweis, dass Stoffe wieder aus der Pflanze austreten können, und das konnte doch nur auf dem Wege der exosmosischen Diffusion zwischen der Zellflüssigkeit und dem destillirten Wasser geschehen. Und doch bemerkt Dr. Knop zu diesen unzweifelhaft für die Diffusion sprechenden Thatsachen: „Alles Erscheinungen, die sich aus der Ernährung der Pflanze durch Diffusion nicht erklären lassen." Besonders veranlasst ihn zu diesem Ausdrucke der Umstand, dass nicht mehr anorganische Stoffe in das destillirte Wasser ausgetreten sind. Die Wurzel der Maispflanze, welche in den letzten 19 Tagen 3,4 Milligramm Kali an das destillirte Wasser abgab, wurde bei 95° getrocknet, hierauf fein zerrieben und mit Wasser ausgezogen; das Wasser löste noch 4.6 Milligramm Kali. Knop bemerkt hierzu, „dass hier entweder gar keine endosmosischen Vorgänge vorhanden waren, oder dass die Wirkungen der Endosmose durch andere Thätigkeiten annullirt worden sein mussten, da die Endosmose mit irgend einer Art Ausgleichung der Concentration innen und aussen hätte enden müssen." Dass aber in der Wurzel Diffusionsvorgänge zugegen waren, beweist das Austreten der genannten Stoffe aus den lebenden Wurzeln, denn auf einem anderen Wege als durch Diffusion war dies nicht möglich; wenn aber in der Wurzel noch Kali zurückgehalten wurde, so beweist das einfach, dass die Diffusion des zurückgehaltenen Kalis „durch andere Thätigkeiten annullirt wurde", dass es sich nicht in gelöster Form befand, zu der es erst bei einer Temperatur von 95° ge-

langte; es konnte sich in der ungelösten Form nicht mit dem äusseren Wasser ausgleichen, wie das gelöste, welches nach aussen wirklich austrat.

Liebig und Andere haben beobachtet, dass, wenn sie Pflanzen mit ihren Wurzeln in destillirtes Wasser setzten, diese eine Säure an Wasser abgaben, welche durch Erwärmen des Wassers wieder aus demselben fortging — jedenfalls also Kohlensäure. Dass diese durch Diffusion in das Anfangs säurefreie Wasser austrat, ist leicht einzusehen.

Einige Ansichten über die Aufnahme der gelösten Stoffe. Knop denkt sich die Aufnahme der gelösten Nahrungsstoffe bei Pflanzen, deren Wurzeln sich in wässrigen Lösungen befinden, folgendermaassen:*)

Es ist moglich, dass in frühester Jugend der Pflanze, zur Zeit, wo die Blätter noch zu wenig entwickelt sind, um viel Wasser verdunsten zu können, die Aufnahme der Mineralsalze durch Endosmose bedingt wird. „Sobald die Blätter aber weiter entwickelt sind, bedingt die Verdunstung an den Blattflächen einen starken Zug des Wassers von den Wurzeln zu den Blättern“ und zu dieser Zeit „muss die Wurzel von einer aufsaugbaren Lösung umgeben sein.“ „Indem die Lösung aufgesogen wird, stellt die Zellenmembran den einzelnen Salzen einen verschiedenen Widerstand entgegen, den salpetersauren einen geringeren als den schwefelsauren, und eine concentrirtere Salzlösung wird schwieriger als eine verdünnte aufgesogen.“ — — „Der Erfolg der Thätigkeit der Endosmose wird durch den in die Wurzel eindringenden Strom der sie umgebenden Lösung ganz umschlossen. In wässriger Lösung dringen die Salze also auch nicht durch endosmosische Vorgänge in die Wurzeln ein, die Ernährung der Pflanze erfordert hier weiter nichts, als eine aufsaugbare Lösung der Nährstoffe.“

Wie dieser Strom des Wassers physikalisch erzeugt wird, hat Knop nicht angegeben. Jedenfalls denkt er nicht daran, ihn, wie es in jüngster Zeit Liebig gethan, einem hydrostatischen Drucke zuzuschreiben, der die Lösungen von aussen auf dieselbe Weise in die Pflanze treibt, wie bei einer oben und unten mit permeablen Membranen verschlossenen, mit Eiweisslösung gefüllten Glasröhre, deren eines Ende sich in der Lösung befindet, während das

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band IV. S. 183 u. f.

andere verdunstet. (Vergl. S. 209.) In der Pflanze findet dergleichen nicht Statt, weil sie keine feste Röhre darstellt, in welche die Flüssigkeit hydrostatisch hineingepresst wird, wenn Wasser verdunstet; wenn aus der Pflanze Wasser fortdunstet, so collabiren die Zellen und hydrostatisch kann nichts hineingepresst werden. Schreibt er aber die Wasseraufnahme und Durchströmung der Pflanze den Functionen der eiweissartigen Stoffe zu, so ist das nur eine Diffusionserscheinung, bei welcher allein nur das Wasser in die Zelle eindringt, die gelösten Stoffe aber nicht von dem endosmosischen Wasserstrome mit fortgerissen werden, sondern im Verhältniss ihrer Concentration auf die Zellflüssigkeit diffundiren.

Der starke Zug des Wassers von den Wurzeln zu den Blättern, wie Knop ihn sich denkt, müsste veranlassen, dass die äussere Lösung in toto in die Pflanze eindringe, da aber dabei die Membran nicht auf die durch sie hindurchgehenden Stoffe einwirkt, wovon man sich leicht durch physicalische Experimente überzeugen kann, so müssen dann nothwendig die gelösten Stoffe in demselben Verhältnisse in die Pflanze eintreten, in welchem sie in der Lösung enthalten sind, und das ist nicht der Fall. Der verschiedene Widerstand der verschiedenen Salze in der Membran, wie ihn Knop bei der durch starken Zug veranlassten Wasserströmung annimmt, ist physikalisch nicht denkbar. In dem Knop'schen Versuche rührt die ungleiche Aufnahme der in der Salzlösung enthaltenen Stoffe ganz einfach von ihrer verschiedenen starken Zersetzung in der Pflanze her; die phosphorsauren und salpetersauren Salze erlitten eine weit stärkere Formwandlung als die schwefelsauren Salze und mussten desshalb auch in grösserer Menge in die Pflanze eintreten. Die Phosphorsäure und Salpetersäure wurden im Knop'schen Versuche aus mehreren Lösungen gänzlich aufgenommen, während andere Stoffe in der Lösung zurückblieben. Wie kommt es nun aber, dass diese Stoffe, besonders die Salpetersäure, gänzlich in die Pflanze eintrat, während von dem Wasser noch zurückgeblieben war? Wenn der Zug des Wassers die Lösung in die Pflanze einführte, so konnte nothwendigerweise erst dann alle Salpetersäure in die Pflanze eingetreten sein, wenn die ganze Lösung von der Pflanze aufgenommen worden war.

Es scheint, dass Knop die Diffusion zwischen Lösung und Zellsaft für möglich hält; der starke Zug des Wassers soll die gelösten Stoffe aber mit fortreissen und ihnen keine Zeit lassen, ihr

Diffusionsbestreben in Ausführung zu bringen — so scheint der Satz zu verstehen zu sein: „Der Erfolg der Thätigkeit der Endosmose wird durch den in die Wurzeln eindringenden Strom der sie umgebenden Lösung ganz umschlossen.“ Aber jener Strom des Wassers ist weiter nichts als eine Diffusion, eine endosmosische Strömung des Wassers gegen die eiweissartigen Stoffe in den Wurzelzellen und in der Pflanze überhaupt; der Eintritt gelöster Nahrungsstoffe ist aber auch eine endosmosische Strömung derselben gegen das Wasser in den Zellen der Pflanze: beide Strömungen können sehr gut nebeneinander stattfinden, ohne dass die eine die andere besonders stört.

Schulz-Fleth. Schon de Saussure hatte durch seine Versuche die ältere Ansicht von der Ueberführung der Nahrungsstoffe in die Pflanze durch Verdunstung des Wassers aus den Blättern in ein sehr zweifelhaftes Licht gestellt. Nach langer Ruhe trat darauf Schulz-Fleth dieser Ansicht entgegen (1854); er zeigte ihre Unhaltbarkeit, gab gleichzeitig aber auch Andeutungen zu einer durch physikalische Experimente gegründeten Theorie; er war der erste, der die Diffusion gehörig zu würdigen verstand, und dadurch zu richtigen Anschauungen über die Einführung der Nahrungsstoffe in die Pflanze gelangen musste. Seine Untersuchungen entgingen zu sehr der Aufmerksamkeit der Pflanzenforscher, nur Schacht adoptirte die Ansicht Schulz-Fleth's in seinem Lehrbuche der Anatomie und Physiologie der Gewächse.

Ich will hier die Worte folgen lassen, mit welchen Schulz-Fleth seine Theorie einführte; wir werden darin die an diesem Orte vorgetragene Theorie so ziemlich wiederfinden.*)

„Denken wir uns zunächst eine einfache Pflanzenzelle, der Einfachheit halber nur mit reinem Wasser gefüllt. Bringen wir dieselbe in gewöhnliches Fluss- oder Brunnenwasser, welches bekanntlich nicht unbedeutende Quantitäten von Salzen enthält, so wird ein endosmosischer Process eingeleitet, durch den sich die Flüssigkeit in der Zelle mit der sie umgebenden in's Gleichgewicht zu setzen strebt, welches nach längerer oder kürzerer Zeit wirklich hergestellt wird. Wird nun in der Zelle durch irgend einen Process Salz, z. B. kohlensaurer Kalk, aus der Lösung ausgeschieden, so

*) Poggendorff's Annalen der Chemie und Physik, Band 88: „Ueber die Aufnahme der anorganischen Salze in die Pflanze.“

ist das Gleichgewicht zwischen dem Zelleninhalte und der äusseren Flüssigkeit gestört, es kann nur wiederhergestellt werden dadurch, dass ebensoviel kohlensaurer Kalk, als abgesetzt wurde, in die Zelle eintritt. Mag nun die Membran das kohlensaure Kali oder Chlornatrium niemals leichter hindurchlassen als den kohlensauren Kalk, es kann in dem gesetzten Falle doch nur das Kalksalz von der Zelle aufgenommen werden. Wäre kohlensaures Kali von der Zellenflüssigkeit ausgeschieden, so müsste wieder nur kohlensaures Kali, wäre Chlornatrium ausgeschieden, nur dieses Salz eintreten.

„Die Zelle nimmt daher diejenigen Stoffe in grösserer Menge auf, welche in grösserer Menge in derselben ausgeschieden werden. Wäre in der Zelle Wasser assimilirt oder irgendwo aus derselben ausgeschieden worden, so kann nur wieder ebensoviel reines Wasser (ohne Salze) von aussen eintreten, weiter nichts, wenn das Gleichgewicht der Lösungen in- und ausserhalb nicht gestört werden darf."

So lange also aus einer Zelle nur Wasser verdunstet, sonst aber keine unorganischen Stoffe aus der Lösung im Zellsaft verschwinden, kann auch nur Wasser wieder von der Zelle aufgenommen werden; sobald dagegen irgend ein Stoff auf die eine oder die andere Weise aus der Lösung verschwindet, muss derselbe in entsprechendem Maasse wieder ersetzt werden.

„Enthält die Zelle nun, wie stets in der Natur, organische Substanzen, welche auf die äussere Lösung endosmosisch einwirken können, so stören diese das Gleichgewicht des Zelleninhaltes und der äusseren Flüssigkeit, wenn dasselbe auch in Bezug auf die anorganischen Salze hergestellt ist. Es muss nach Analogie der mit thierischen Membranen angestellten Versuche, dieses Gleichgewicht dadurch wiederhergestellt werden, dass Wasser eindringt, zugleich aber auch etwas von der organischen Substanz austritt. Tritt solchergestalt Wasser von aussen in die Zelle, den Umfang derselben vergrössernd, so müssen mit demselben die anorganischen Salze in demselben Verhältnisse, in welchem sie darin gelöst sind, mit eintreten." Letzteres ist den neueren Untersuchungen zufolge nicht der Fall.

„Wir sehen also, es muss die wässrige Flüssigkeit in der Zelle, so weit dieselbe in vollem endosmosischen Verkehr mit dem äusseren Wasser steht, dieselben Salze in demselben Verhältnisse gelöst enthalten, wie dieses. Die Salze aber, welche in der Zelle

in grösseren Quantitäten enthalten sind, müssen aus dieser wässrigen Flüssigkeit ausgeschieden sein." — —

„Die Pflanzenmembrane nun, welche die anorganischen Salze aufnehmen, müssen nothwendig für wässrige Lösungen durchdringbar sein, und werden sich daher, wenn wir nach den wenigen Versuchen, die wir besitzen, schliessen dürfen, einander ziemlich ähnlich in der Aufnahme verhalten; so zwar, dass das relative Gewicht zwischen den Salzen, wie sie dieselben durchlassen können, ziemlich dasselbe sein muss." Nach diesen Worten zu urtheilen, war, beiläufig bemerkt, die verschiedene Durchgangsfähigkeit der gelösten Stoffe Schulz-Fleth noch nicht bekannt.

Carl Naegeli in München sagt über unsern Gegenstand das Folgende*):

„Es ist eine allgemein verbreitete Ansicht, dass die Menge des von der Pflanze aufgenommenen Wassers zu dem verdunsteten in einem bestimmten Verhältnisse stehe; und die Bestimmung dieses Verhältnisses war das Problem verschiedener Forscher. Allein die Verdunstungsmenge ist eine sehr variable Grösse; in einer mit Wasserdunst fast gesättigten Luft wird sie unendlich gering, und bei den unter Wasser lebenden Gewächsen verschwindet sie ganz. — Die theoretische Begründung jener Annahme meint, dass die Pflanze „„wegen der geringen Löslichkeit mehrerer ihr nothwendigen Substanzen eine grosse Menge Wasser bedürfe““; und diese Meinung beruht auf der weiteren Theorie, die Aufnahme der löslichen Stoffe und der Transport derselben innerhalb der Pflanze werde durch strömendes Wasser vermittelt. Es ist das eine von der Circulation thierischer Flüssigkeiten herübergekommene Anschauung, die ihre scheinbare Bestätigung in dem Thränen der Weinrebe erhielt. Dagegen ist zu bemerken, dass die Bewegung der löslichen Verbindungen durch die Pflanzengewebe eine Diffusionsströmung ist. Es kann eine gleichzeitige und gleichlaufende Bewegung der Wassermoleküle hinzukommen; allein die letztere ist durchaus nicht nothwendig. Die Wasserpflanze nimmt ihren Bedarf an Salzen auf, ohne dass deswegen ein Atom Wasser mit hineingehen muss. Ebenso verhält es sich mit Landpflanzen, die von einer mit Wasser gesättigten Luft umgeben sind. Die Leitung der unorganischen Nahrungsstoffe von den Wurzeln zu den Blättern,

*) „Die Bewegung im Pflanzenreiche". Leipzig 1860. Seite 41.

die Leitung der assimilirten Verbindungen von den letztern zu den ersteren kann stattfinden, ohne dass ein Atom Wasser sie begleitet. Circulation der gelösten Stoffe und Strömung des Wassers sind zwei von einander unabhängige Processe, obgleich sie oft zusammen vorkommen."

Liebig schien sich früher gegen die Ansicht, dass die Verdunstung des Wassers aus den Blättern die Ursache der Aufnahme der mineralischen Nährstoffe sei, auszusprechen, in der neuesten Auflage seiner „Chemie in Anwendung auf Agricultur" ist er aber wieder entschieden in die ältere Ansicht, wie sie heut zu Tage von keinem Physiologen mehr angenommen wird, zurückgefallen. Er vergleicht die Pflanze mit einer starren Röhre, deren beide Oeffnungen mit permeablen Membranen verschlossen sind, deren eine Membran Wasser verdunstet, während die andere mit einer wässrigen Lösung von Salzen in Berührung ist. „Eine Pflanze kann sich — sagt Liebig — in gleichen Verhältnissen nicht anders verhalten, als eine mit durchdringlichen porösen Membranen geschlossene Röhre". *)

Während nun viele Physiologen sich für die zuerst von Schulz-Fleth vorgetragene Ausgleichungstheorie ausgesprochen haben, kann sich Liebig mit derselben nicht befreunden; er sagt darüber: „allein die eben angedeutete Ansicht zwingt zu Voraussetzungen, die sich in der Natur nicht begründen lassen; die eine z. B. ist, dass sich ausserhalb der Wurzeln wirklich eine Lösung befinde, die alle Aschenbestandtheile der Gewächse enthält, die andere, dass die Wurzeln der Pflanzen insgesammt eine ähnliche Structur und der Saft derselben die nämliche Beschaffenheit besitzen." Nun hat sich aber gezeigt, dass die Ansicht von den nährstofffreien Bodenlösungen ein Irrthum ist, und wenn Liebig es sich hätte angelegen sein lassen, die weiter entwickelte Schulz-Fleth'sche Theorie sich etwas genauer anzusehen, so würde er die letzte Voraussetzung nicht haben machen können. Aber auch selbst bei Wasserpflanzen, welchen alle Nährstoffe in gelöster Form geboten sind, soll nicht durch das Ausgleichungsstreben der gelösten Stoffe die Einführung derselben bedingt sein; es ist nach Liebig nicht die Consumtion oder unlösliche Ausscheidung der anorganischen Nährstoffe bei der Assimilation und dem Stoff-

*) Die Naturgesetze des Feldbaues. Seite 60 u. 90.

wechsel, welche die ungleiche Aufnahme der Nährstoffe, die massenhafte Anhäufung einzelner Stoffe in der Pflanze bewirkt, sondern eine eigenthümliche Action der Membran. „Thatsache ist, so sagt Liebig, dass in Beziehung auf die Aufnahme der Nahrung durch die Wurzel eine Auswahl statthat. Bei den Wasserpflanzen, die unter Wasser wachsen, ist die Verdunstung als eine möglicherweise wirkende Ursache des Ueberganges völlig ausgeschlossen, und es muss bei diesen die aufnehmende Oberfläche eine sehr ungleiche Anziehung auf die verschiedenen Stoffe äussern, welche die Lösung in gleicher Form und Beweglichkeit darbietet, oder was das Nämliche ist, es müssen ihrem Durchgange durch die äussersten Zellenschichten ungleiche Widerstände entgegenstehen. Bei den Wurzeln der Landpflanzen kann, nach dem ungleichen Verhältnisse der übergegangenen Stoffe zu schliessen, das nicht anders sein." Nun ist es aber zweifellos festgestellt und auch für die lebende Pflanze, dass Kalksalze und phosphorsaure Salze eine bedeutend geringere Diffusibilität besitzen, d. h. bei ihrem Durchgange durch permeable Membrane viel mehr Widerstand finden, als das Chlornatrium, und dennoch finden wir bei den meisten Pflanzen und selbst in solchen, die in einer verhältnissmässig chlornatriumreichen Lösung gewachsen sind, immer eine viel bedeutendere Menge Kalk und Phosphorsäure, als Natron oder Chlor. Wie kann die Liebig'sche Ansicht dies erklären? Ich habe wohl nicht nöthig, weiter auf diese Ansicht einzugehen. Die an diesem Orte vorgetragene Ansicht basirt auf physicalischen Gesetzen, die Liebig'sche auf Voraussetzungen, die erst bewiesen werden müssen.

Aeltere Ansichten. Die alten Physiologen führten die Ursache der Aufnahme des Wassers und der darin gelösten Stoffe und das Aufsteigen des Saftes in der Pflanze, auf Capillarität zurück. Davy sagt: „In allen Pflanzen findet man ein System von Röhren oder Gefässen, welches an dem einen Ende sich in Wurzeln, an dem andern Ende in Blätter endigt. Dadurch, dass die Wurzeln wie Haarröhrchen wirken, wird die flüssige Substanz aus dem Erdreiche aufgenommen." Knight schreibt den Markstrahlen eine ganz besondere Thätigkeit zu. Die Strahlenbänder, welche von dem Mittelpunkte eines Stammes aus gegen den Umfang verlaufen (also Markstrahlen), sind elastisch und fähig sich zusammen zu ziehen, diese Veränderungen des Volumens werden

von den Veränderungen der Temperatur hervorgebracht und sind die vorzüglichste Ursache des Aufsteigens des Saftes. Des Morgens scheinen die Fasern der Strahlenbänder sich auszudehnen, in der Nacht sich zusammen zu ziehen. Am deutlichsten sind diese Strahlenbänder bei den Bäumen, aber sogar an jährigen Pflanzen bemerkt man ein ihnen analoges System von Gefässen. So stellte sich Knight die Sache vor.

Die Nahrungsstoff-Aufnahme bei den Landpflanzen.

Von Luft umfluthet, nehmen die Blätter dieser Pflanzen die gasigen Nährstoffe aus der Atmosphäre auf, während ihre Wurzeln sich in einem Boden befinden, der nicht oder nur für kurze Zeit mit Wasser capillarisch gesättigt ist. Ueber die Aufnahme der gelösten Stoffe durch die Wurzeln ist in der letzten Zeit ein Kampf geführt worden, welcher heute noch nicht ausgekämpft ist und vielleicht noch Jahre dauern wird, weil von manchen Seiten vorgefasste Meinungen, wie es scheint, auf dem Kampfplatze vorgeführt werden. Ausführlicher dem Leser diesen Streit zu schildern, würde mich zu weit führen, auch würde es mir unangenehm sein, all das Unerquickliche dem Leser vorführen zu müssen, welches dieser Kampf der Geister heraufbeschworen hat. Leider wird in jüngerer Zeit von einer Seite, von welcher dieses am allerwenigsten erwartet werden dürfte, mit einer Leidenschaftlichkeit, mit einer Erbitterung gegen widersprechende Ansichten gekämpft, dass Schmähungen und persönliche Beleidigungen an der Tagesordnung sind. Doch dieses ungebührliche Treiben wird der Geissel der Geschichte der Wissenschaft nicht entgehen.

Die Aufnahme der mineralischen Stoffe aus dem Boden. Nachdem Liebig erkannt hatte, dass die werthvollsten Nahrungsstoffe vom Boden absorbirt werden, nachdem er dann, von dem Gehalte der Drainwässer an mineralischen Stoffen ausgehend, glaubte gefunden zu haben, dass das aus den atmosphärischen Niederschlägen stammende, in den Boden eindringende Wasser nicht soviel Stoffe auflösen könne, als eine gute Erndte von Culturpflanzen bedarf: so kam er zu dem Schlusse, dass „das Wasser, welches den fruchtbaren Ackerboden durchdringt, keinen der drei wichtigsten und wesentlichsten Nahrungsstoffe, keine Phosphorsäure, kein Kali, kein Ammoniak den Wurzeln der

Landpflanzen" zuführe. „Die Wurzeln entziehen diese Stoffe — sagt er weiter — den vom Wasser durchdrungenen Theilen der Ackerkrume, die sich in Berührung mit ihrer aufsaugenden Oberfläche befinden." „Die Ackerkrume giebt an das Wasser für sich keinen dieser Nahrungsstoffe ab und ihr Uebergang in den Organismus muss demnach, unter Mitwirkung des Wassers direct durch ihre Organe der Aufsaugung, die sich im Boden befinden, vermittelt werden." Die Unklarheit in diesen Sätzen ist vielfach Ursache von Missverständnissen gewesen, ja von gewissen Seiten wurde Liebig sogar die Ansicht untergeschoben, die Nahrungsstoffe gingen in ungelöster Form in die Wurzeln über, was aber Liebig durchaus nicht gemeint haben konnte. In den jüngst erschienenen Gesetzen des Landbaues erklärt Liebig nun die Beziehungen der Wurzeln oder aufsaugenden Organe und der Bodentheilchen dahin, „dass die in unendlich feiner Vertheilung an der äusseren Oberfläche der Erdtheilchen haftenden Nahrungsstoffe mit der Flüssigkeit der porösen, aufnehmenden Zellenwände vermittelst einer sehr dünnen Wasserschicht in directer Berührung sind, und dass in ihren Poren selbst ihre Lösung und von da aus ihre unmittelbare Ueberführung statthat."

Jene dünne Wasserschicht, von welcher Liebig spricht, ist das, was man gewöhnlich Bodenwasser nennt. Das in den Poren der Wurzelzellenmembran enthaltene Wasser soll nun die auf den Bodentheilchen niedergeschlagenen Nährstoffe, die an und für sich nicht löslich sind in Wasser, auflösen und aufnehmen, ohne dass die „dünne" um die Bodentheilchen gelagerte Wasserschicht die Stoffe aufzulösen vermag. Es setzt dieses eine ganz eigenthümliche Kraft der Wurzeln voraus, welche die Lösung der Nährstoffe bewirkt.

Liebig hat sich offenbar von dem Bodenwasser keine rechte Vorstellung gemacht; er sieht dasselbe für so geringwerthig an, dass die „sehr dünne Schicht" eben nur die Berührung zwischen Wurzelzellen und Bodentheilchen vermittelt. Das ist aber eine irrige Auffassung. Das capillarisch im Boden festgehaltene Wasser füllt die Bodenräume aus und die in diese Bodenräume hineingewachsenen Wurzelfäden sind von Wasser umhüllt, mögen sie sich auch an die Bodentheilchen zum Theil anschmiegen. Die Wassermenge, welche zwischen den Bodentheilchen festgehalten wird, ist aber nicht so gering, denn, wie ich früher gezeigt habe (S. 138),

beträgt sie in einem mit Wasser nahezu gesättigten Boden oft das doppelte und dreifache Volum der festen Bodentheilchen. Lösende Substanzen, welche in den Poren der Wurzelzellenmembrane enthalten sind und aus denselben an die Bodentheilchen treten, um dort aufzulösen, gehen auch in das die Wurzelzellen umhüllende Wasser über und werden von diesem aus ebenso lösend auf die Bodentheilchen einwirken, wie von den Zellen aus, und dieses Wasser in eine Lösung verwandeln. Dem Bodenwasser werden zudem Stoffe zugeführt, welche lösend auf die ungelösten Nahrungsstoffe einwirken. Man denke nur an die in jedem guten Boden reichlich vorhandene Kohlensäure, welche von dem Bodenwasser aufgenommen werden muss. Sind aber gelöste Stoffe in dem Bodenwasser enthalten, so können sie auch, wie Liebig zugesteht, aus diesem Wasser in die Pflanze eintreten, und ich behaupte weiter, sie müssen in die Pflanze eintreten, sie werden es in jedem wasserenthaltenden Boden thun.

Liebig scheint von der Ansicht ausgegangen zu sein, dass die Absorptionskraft des Bodens so stark sei, dass sie die gelösten absorptionsfähigen Stoffe, besonders Kali, Phosphorsäure und Ammoniak, beständig dem Wasser, welches in den Capillarräumen derselben enthalten ist, entziehe und dass die in der Wurzel befindlichen lösenden Agenzien allein nur die Kraft besitzen, die absorbirten Stoffe zu lösen. Wenn man eine Wurzel zwischen blaues Lakmuspapier presst, so entstehen rothgefärbte Abdrücke der Wurzeln; es müssen demnach freie Säuren oder doppeltsaure Salze in den Wurzeln zugegen sein. Dass dieselben sich aber in einer gelösten Form darin befinden, ist nicht nöthig, um diese Reaction zu geben; bei den vielen Wurzeln, die ich untersuchte, schienen keine gelösten sauer reagirenden Stoffe zugegen zu sein. Die Reaction entsteht nur dann, wenn die Wurzeln zerquetscht, ihre Zellen zerrissen werden und die in denselben angehäuften ungelösten, doppeltorganischsauren Salze mit dem Papier in Berührung kommen. Kohlensäure freilich ist in dem Safte der Wurzel in freier Form vorhanden und tritt in Wasser aus, wenn man die Pflanze in solches einsetzt. Man macht das Experiment gewöhnlich so, dass man in mit Lakmustinctur gebläutes Wasser eine Pflanze mit den Wurzeln einsetzt; nach einiger Zeit zeigt sich einige Violettfärbung, nur bei einzelnen wenigen Pflanzen eine schwache Röthung des Wassers. Diese Reaction

verschwindet nun beim Kochen und deutet daher auf Kohlensäure. Es tritt mithin Kohlensäure aus den Wurzelzellen aus und vermag lösend auf die absorbirten Nährstoffe zu wirken. Aber diese Sache ist von mir sowie von allen Beobachtern des Phänomens überschätzt worden; die Abscheidung der Kohlensäure ist eine quantitativ sehr geringe, alle von mir beobachteten Culturpflanzen zeigten keine Röthung im blaugefärbten Wasser, sondern nur Violettfärbung, und sicherlich vermag diese geringe Kohlensäureausscheidung keinen besonderen Effect bei der Ernährung der Culturpflanzen herbeizuführen. Wenn man übrigens bedenkt, dass in jeder Ackerkrume humose Stoffe sich zersetzen und Kohlensäure bilden, dass die Bodenluft sowohl als die Bodenlösung in ziemlich reichlicher Menge Kohlensäure enthalten, so überzeugt man sich leicht, dass wenigstens bei den Culturpflanzen keine Ausscheidung von Kohlensäure durch die Wurzel nöthig ist, um die absorbirten Stoffe in Lösung zu versetzen; es muss im Gegentheil noch Kohlensäure aus dem Boden in die Pflanzen eintreten, um wenigstens den Cerealien den Kohlenstoff zu reichlichen Erndten zu liefern. Bei Pflanzen, die auf einem humusfreien Boden wachsen, mag freilich die durch die Wurzel ausgeschiedene Kohlensäure nicht unwesentlich zur Ernährung beitragen, indem sie nährstofflösend wirkt; vielleicht lässt sich das auch von den in den Untergrund dringenden Wurzeln der Culturpflanzen sagen, es kann jedoch auch hier die Wirkung in quantitativer Beziehung nur unbedeutend sein. Die Ausscheidung organischer Säuren oder organischsaurer Salze, sowohl saurer als neutraler, habe ich bei einer grossen Zahl von Pflanzen und bei den Culturpflanzen nicht beobachten können, womit ich indess nicht in Abrede stellen will, dass dergleichen vorkommen kann.

Eine Lösung der absorbirten Nährstoffe von der Wurzel aus, indem lösende Agenzien aus den Wurzelzellen austreten, hat für die meisten Pflanzen und ganz besonders für die Culturpflanzen keine Bedeutung. Liebig und seine Schule legen nun ein grosses Gewicht auf die Lösung von den Molecularinterstitien (Poren) der Wurzelzellenmembran aus; die Zellenmembran steht in inniger Berührung mit der Oberfläche der Bodentheilchen und in den „Poren“ der Membran soll die Lösung der absorbirten Nährstoffe schon stattfinden. Dass dieses stattfinden kann, will ich nicht leugnen; ebenso gut wie ungelöste doppeltorganischsaure

Salze, mit anderen ungelösten Stoffen in innigster Berührung, lösend wirken können, so mag dieses auch bei der Wurzelzellenmembran vorkommen, wenn sich solche organischsaure Salze in deren Molecularinterstitien befinden und in inniger Berührung mit den auf den Bodentheilchen befindlichen absorbirten Nährstoffen sind. Man vermag sich aber nicht zu verhehlen, dass eine solche Lösung nur von untergeordneter Bedeutung im Leben der Culturpflanzen sein kann. Um einen quantitativen Effect hervorzubringen, müssten diese lösenden Agenzien eine grössere Beweglichkeit (Diffusibilität) besitzen, es müssten diejenigen Stoffe, welche durch ihre lösende Wirkung unthätig geworden sind, durch neue ersetzt werden, es müsste eine Wanderung aus der Zellflüssigkeit in die „Poren" der Membran stattfinden; aber solche Vorgänge anzunehmen, sind wir nicht berechtigt, dazu ist ein gelöster Zustand dieser Stoffe nöthig, welcher jedoch nicht nachgewiesen ist. Kämen in den Wurzelzellen gelöste organische Säuren, oder doppeltorganischsaure Salze vor, so müssten sie nothwendig auch aus der Zellflüssigkeit auf das die Wurzel umgebende Wasser diffundiren, ich sage nothwendig müssten sie so diffundiren, weil die Membran eine Beschaffenheit hat, dass sie unzweifelhaft solchen Stoffen den Durchgang gestatten würde, und weil, wie aus den Diffusionsversuchen bekannt ist, diese Stoffe zu den leichtdiffusibelsten gehören. Sie müssen schon in unlösliche Form übergeführt worden sein, ehe sie Gelegenheit zur Diffusion, zur Exosmose finden. Wir können uns die Sache nicht anders erklären, als dass sie im Augenblicke ihres Entstehens schon von Basen zu unlöslichen Salzen gebunden worden und dass sie an dem Orte, wo wir sie antreffen, auch entstanden sind, dass sie also nicht aus dem Stengel in die Wurzelzellen hinabdiffundiren, sondern in den Wurzelzellen durch Stoffwechsel gebildet wurden. Diffundirten sie von oben herab in die Wurzel, so müssten doch bei längerer Vegetation in Wasser auch bestimmbare Mengen auf das Wasser austreten, was bei meinen vielfältigen und zahlreichen Versuchen nur bei einem Farnkraute der Fall war. In dem letzten Falle zeigte das Wasser saure Reaction, welche durch Kochen nicht verschwand.

Wenn also auch vorläufig nicht in Abrede gestellt werden kann, dass manche wildwachsenden Pflanzen, und besonders in einem Boden, welcher selbst keine oder nur geringe Mengen von

lösenden Agenzien entwickelt, die Lösung der absorbirten Nährstoffe von der Wurzel aus bewirken, so dürfen wir doch dieser Art von Ernährung in Bezug auf die Culturpflanzen keinen besonderen Werth beilegen. Uebrigens ist die Lösung der Nährstoffe von den Wurzeln aus bei den Culturpflanzen und in jedem humushaltigen Boden nicht nothwendig, da in ihm lösende Agenzien genug vorhanden sind, um die absorbirten Nährstoffe in Lösung zu versetzen, wie ich dies im Abschnitte „die aufnahmsfähigen Nährstoffe" gezeigt habe.

Zunächst nehmen die Culturpflanzen und viele andere Pflanzen ihre Nahrungsstoffe oder einen Theil derselben aus der Bodenlösung auf. Die Aufnahme der gelösten Stoffe aus der Bodenlösung geschieht nach denselben Gesetzen wie die Aufnahme der mineralischen Stoffe aus Lösungen bei Wasserpflanzen; ich habe demnach nicht nöthig, hier noch einmal näher darauf einzugehen.

In manchem Boden würden die im Bodenwasser gelösten Pflanzennährstoffe nicht genügen, um reiche Erndten von Culturgewächsen zu liefern; es muss hier noch eine andere Thätigkeit mitwirken, durch welche Nährstoffe in die Pflanze eingeführt werden.

Gewöhnlich sind in dem Ackerboden nicht die sämmtlichen Bodenräume mit Wasser gefüllt; diejenigen, welche kein capillarisches Wasser enthalten, sind mit feuchter Luft erfüllt; die an ihnen liegenden Bodentheilchen sind von einer Hülle hygroscopischen Wassers umgeben und enthalten auf ihrer Oberfläche Nahrungsstoffe in einem Zustande, welcher sie befähigt, sich leicht in Wasser zu lösen. (Vergl. S. 142.) Wie ich bereits früher dargethan habe, entwickeln sich in feuchter Luft in Menge feine Wurzelfädchen und Wurzelhaare. In den wasserfreien Bodenräumen treten derartige Wurzelbildungen jedenfalls auch ein, und werden sich viele Wurzelhaare an die Bodentheilchen anschmiegen. Schon die räumlichen Verhältnisse zwingen die Wurzelfäden und Wurzelhaare, sich zwischen die Bodentheilchen zu schieben und allerseits an die Bodentheilchen anzulegen. Es fragt sich nun, ob diese Wurzeln auch im Stande sind, was übrigens kaum zu bezweifeln sein dürfte, Nährstoffe direct von den Bodentheilchen aufzunehmen. Die hierauf bezüglichen Erscheinungen an der Pflanze selbst zu studiren, bietet seine Schwierigkeiten dar; ich habe dieselben deshalb durch ein Experiment unter den möglichst einfachsten Verhältnissen zu studiren versucht, und ist der hier bei-

stehende Apparat sehr geeignet, die Sache ad oculos zu demonstriren. Die Cylinder (C) und (c) sind mit Wasser gefüllt, und zwar so, dass keine Luftblase mehr unter der Membran sitzt und kein hydrostatischer Druck auf dieselbe wirkt; auf die Membran (m) des Cylinders (C) werden Erde u. dergleichen Stoffe gelegt. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass, wenn Salze auf der Membran liegen, diese auf das Wasser des Apparates diffundiren. Die Salze entziehen der Membran Wasser, lösen sich auf und diffundiren durch die Membran in das Wasser des Apparates. Lege ich stark lufttrockene, durch Vermischen mit Kali-, Ammoniak- und Phosphorsäure-Salze nährstoffreich gemachte Erde, in welche längere Zeit Kohlensäure geleitet worden war, auf die Membran, so zieht sie etwas Wasser an und es diffundiren Kali, Phosphorsäure u. s. w. in Menge durch die Membran in den Apparat. Selbstverständlich darf die Erde nicht mit Nährstoffen übersättigt sein; bei einer Uebersättigung würde der Versuch nichts beweisen. Lege ich auf die Membran eine glattgeschliffene Marmorplatte und leite von Zeit zu Zeit in das Wasser des Cylinders (c) Kohlensäure, so hat sich in 8 Tagen eine bedeutende Menge Kalk aufgelöst. Die in die Membranmolecularinterstitien eintretende Kohlensäure wirkt lösend auf den kohlensauren Kalk der Marmorplatte. In grösserer Menge und schneller

Fig. 28.

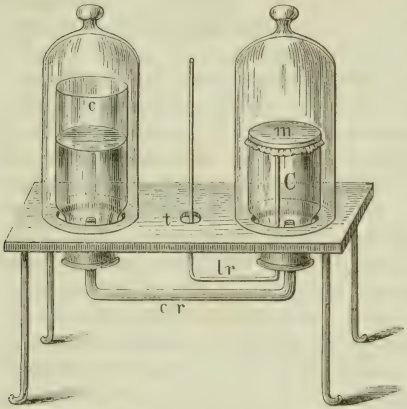


Fig. 28. Die Cylinder (C) und (c) stehen durch die Röhre (cr) in Communication; die Röhre (C) ist mit der Collodiummembran (m) zugebunden, auf welche Erde u. s. w. gelegt wird; der ganze Apparat befindet sich in dem Tische (t), die Cylinder sind mit Glocken bedeckt; (lr) Röhrchen zum Entweichen der Luft während der Füllung.

wurde der kohlensaure Kalk aufgelöst, wenn man ihn in Form des Kreidepulvers auf die Membran brachte. Bei allen diesen Versuchen tritt aber immer Wasser aus der Membran an die auf der Membran liegenden Stoffe. Es eignet sich dieser Apparat ganz vorzüglich zum Studium der Einwirkung der lösenden Agenzien auf die in Erden absorbirten Stoffe.

Es bestätigt also dieser Versuch, dass lösende Agenzien, Kohlensäure durch die Membran hindurch lösend auf ungelöste Stoffe einzuwirken vermögen, und dass solches auch bei der Pflanze stattfinden kann. Enthält die Wurzelzelle Kohlensäure oder andere lösende Agenzien, so werden diese auch lösend auf die mit ihr in Berührung stehenden Nährstoffe einwirken. Enthält Erde gelöste Stoffe, so diffundiren dieselben durch die Membran in die Wurzelzellen.

In jedem guten Boden befinden sich indess auf den Bodentheilchen auch Nahrungsstoffe in einer in Wasser leicht löslichen Form (vergl. S. 142); diese entziehen den Wurzelzellen Wasser, lösen sich, und diffundiren in die Pflanze hinein, während das Wasser von den Wurzelzellen durch die in denselben enthaltenen eiweissartigen Stoffe ebenfalls wieder eingesogen wird.

Dieses Austreten von Wasser aus den Wurzelzellen, veranlasst durch die auf den Bodentheilchen befindlichen leicht löslichen Nahrungsstoffe, ist nicht schwer zu begreifen. Experimentell lässt sich dasselbe leicht zeigen, wenn man Wurzeln in Pulver von krystallisirtem phosphorsauren Natron, schwefelsaurem Kali u. s. w. einsetzt, das Pulver entzieht der Pflanze Wasser und löst sich auf; Aehnliches tritt ein, wenn man trockene Erde, aus welcher die Wurzeln einer Pflanze kein Wasser mehr aufzunehmen vermochten, mit etwas Pulver von jenen Salzen vermischt und in sie alsdann die Wurzeln einsetzt; auch in diesem Versuche wird die Erde feucht, indem Wasser aus der Pflanze austritt. Diese Erscheinungen, im Experimente sowohl wie bei den Pflanzen in natürlichen Verhältnissen, sind Folgen des endosmosischen Aequivalentes der Salze. Legt man in eine Röhre, die unten mit einer Collodiummembran verschlossen ist, einen Krystall von schwefelsaurem Natron oder von einem sonstigen leichtlöslichen Salze (mit Ausnahme der Chloride), und zwar auf die Membran, bringt hierauf die untere Fläche der Membran eben nur mit Wasser in Berührung, so dass kein Wasser durch hydrostatischen Druck in die Röhre gepresst wird, so bemerkt man alsbald, wie der Krystall

sich auflöst und immer mehr Wasser in die Röhre eintritt. Gleichzeitig geht aber auch Salz durch die Membran in das äussere Wasser. Gegen das austretende Salz diffundirt ein grösseres Volum Wasser in die Röhre und das Verhältniss des Salzvolums zu dem an ihm in den Membran-Molecularinterstitien sich vorbeibewegenden Wasser ist eben ja das endosmosische Aequivalent.

Was bei höheren Concentrationen oder grösseren Mengen Salz in dieser Beziehung stattfindet, tritt auch bei kleineren Mengen, wie sie im Boden vorkommen, und bei verdünnteren Lösungen ein; es ist ja sogar bei verdünnteren Lösungen, wie ich früher gezeigt habe (S. 45), das endosmosische Aequivalent grösser als bei concentrirteren Lösungen.

Es ist dem Vorstehenden zufolge einleuchtend, dass die auf den Bodentheilchen befindlichen leicht löslichen Stoffe den Wurzelzellen Wasser entziehen, da die meisten dieser Stoffe ein höheres endosmosisches Aequivalent besitzen. Die in den Wurzelzellen enthaltenen gelösten eiweissartigen Stoffe führen aber immer wieder von den Bodentheilchen Wasser in die Pflanze ein und dadurch kommt es, dass durch den eben geschilderten exosmosischen Wasserstrom der Wassergehalt des Bodens sich nicht wesentlich erhöht. Die chemische Anziehung der leichtlöslichen Stoffe auf den Bodentheilchen zu dem Wasser, die auflösende Kraft des Wassers, ist grösser als die Anziehung der Eiweissstoffe zu dem Wasser und dadurch ist es möglich, dass Wasser aus den Wurzelzellen austritt; das Wasser der neu entstandenen Lösung wird aber wieder von den eiweissartigen Stoffen angezogen und diffundirt in die Zellen hinein; die Salze der Lösung haben das Bestreben, sich auf das Wasser in der Zelle zu verbreiten und diffundiren von aussen in diese hinein, wobei aber gleichzeitig auch wieder etwas Wasser austritt: eine exosmosische Wasserströmung, veranlasst durch die aussen befindlichen leicht löslichen Stoffe und die in die Zellen hineindiffundirenden Stoffe, eine endosmosische Wasserströmung, veranlasst durch die in der Zelle enthaltenen gelösten eiweissartigen Stoffe, und eine endosmosische Salzströmung (Nahrungsstoffströmung), veranlasst durch das Gleichgewichtsstreben der gelösten Stoffe, sind Thätigkeiten, die gleichzeitig an denjenigen Wurzelzellen, welche sich in wasserfreien Bodenräumen (d. h. in solchen, die kein capillarisches Wasser enthalten), an die Bodentheilchen anlegen, auftreten und die Einführung

der Nahrungsstoffe direct von den Bodentheilchen bewirken. Das Austreten der Säuren aus den Wurzelzellen an die Bodentheilchen, wenn es überhaupt erfolgt, ist ebenfalls die Folge einer chemischen Anziehung der festen Stoffe zu diesen Säuren. Die Bodentheilchen sind von einer Hülle hygroscopischer Feuchtigkeit, die nöthigenfalls durch Adhäsion der Oberfläche der Bodentheilchen den Wurzelzellen entzogen werden würde, umgeben und diese hygroscopische Feuchtigkeit vermittelt die Einwirkung der Säuren der Wurzelzellen auf die auf den Bodentheilchen befindlichen unlöslichen Nahrungsstoffe. Tritt erst Wasser gegen die löslichen Nahrungsstoffe aus den Zellen aus, so ist die Einwirkung der Säuren noch leichter.

Ein jeder guter Ackerboden enthält in Wasser lösliche Stoffe auf seinen Bodentheilchen, da wo die Bodenräume kein capillarisches Wasser enthalten; es sind dies diejenigen Stoffe, welche sich durch Wasser aus dem Boden ausziehen lassen; diese werden also zunächst direct von den Bodentheilchen in die Pflanze eintreten. Dann kommt hierzu bei manchen Pflanzen vielleicht noch die Wirkung der Säuren in den Wurzelzellen, wodurch ebenfalls Nahrungsstoffe direct von den Bodentheilchen in die Pflanze eintreten.

Die Flechten sind vielleicht hinsichtlich der Aufnahme der mineralischen Stoffe während des grössten Theiles der Vegetationszeit auf die directe Aufnahme angewiesen. Sie legen sich mit den Zellen der unteren Fläche des Thallus fest an den Felsen an; es treten aus den Zellen Säuren (Slater meint Oxalsäure) an die Felssubstanz, wodurch diese aufgelöst wird und die gelösten Stoffe in die Zellen eintreten können.

Einen interessanten Versuch über die Aufnahme der Nahrungsstoffe direct von den Bodentheilchen hat Eichhorn mitgetheilt.

Maispflanzen, welche im Boden sich bis zu einer Höhe von 0,4—0,5 Meter entwickelt hatten, wurden zu diesem Versuche benutzt; ihr Wurzelwerk wurde in zwei Hälften getheilt, die eine Hälfte in ein Gefäss mit Erde, die andere Hälfte in ein Gefäss mit Wasser gesetzt. Auf diese Weise wurden 3 Exemplare verwendet, Nro. 7, 8 und 10. In Nro. 7 enthielt das Erdgefäss 1356 Grm. Erde, in Nro. 8 1261 Grm., in Nro. 10 1280 Grm. Die Erde wurde lufttrocken in die Gefässe gebracht; die Wassergefässe in Nro. 7, 8 und 10 enthielten destillirtes Wasser; dem Wasser in dem Gefässe 10 wurde 2 Mal 0,5 Grm. salpetersaures Ammoniak

zugesetzt. In diesen Versuchen erhielt die Pflanze die mineralischen Stoffe und das Wasser durch verschiedene Wurzelpartien zugeführt; die eine Partie der Wurzeln befand sich in nahezu trockner Erde, welche also keine Bodenlösung enthielt; die Pflanzen waren deshalb darauf angewiesen ihre mineralische Nahrung direct von den Bodentheilchen aufzunehmen. Um das Anschlagen der Wurzeln in der Erde zu befördern, wurde gleich nach dem Einpflanzen die Erde eines jeden Gefässes mit 300 CC. Wasser begossen; dieses Wasser war aber sehr bald schon verdunstet, worauf dann die Erde kein neues Wasser mehr erhielt und vollständig austrocknete. Das Wurzelwerk hatte sich in der Erde bedeutend vermehrt; ebenso auch im Wasser. Das aus den Wassergefässen in die Pflanzen übertretende Wasser wurde beständig ersetzt.

Gleichzeitig mit obigen Exemplaren wurden zwei andere Exemplare mit ihrem ganzen Wurzelwerke in Gefässe mit Erde versetzt, und zwar Nro. 4, welches 1697 Grm. und Nro. 5, welches 1570 Grm. Erde enthielt, und wurden fortwährend mit Wasser begossen. Sie sollten zum Vergleiche mit 7, 8 und 10 dienen.

Die Pflanzung geschah in den ersten Tagen des Juli 1861. Die Pflanzen waren fortgewachsen und Mitte October zum Blühen gelangt und wurden nach einer Vegetationszeit von 104—105 Tagen geerndtet.

In der nachfolgenden Tabelle ist angegeben, wieviel mineralische Stoffe 100 Pflanzen bei dem Einsetzen in die Gefässe und bei der Erndte enthielten. Von 7, 8 und 10 ist der mittlere Gehalt an mineralischen Stoffen zu Grunde gelegt und bezieht sich der Gehalt auf 100 Durchschnittspflanzen.

100 Pflanzen enthalten in Grammen: (Vergl. Annalen der Landwirthschaft im preuss. Staate. Jahrg. 1832, Bd. 40, S. 341—355.)

	Nr. 7, 8 und 10.			No. 4.			No. 5.		
	beim Einsetzen	bei der Erndte	Zunahme während der Vegetation	beim Einsetzen	bei der Erndte	Zunahme während der Vegetation	beim Einsetzen	bei der Erndte	Zunahme während der Vegetation
Asche . .	33,433	104,533	71,100	36,900	185,500	148,600	40,800	212,600	171,800
darin:									
Kieselsäure	6,923	27,533	20,610	7,640	56,200	48,560	8,448	63,500	55,052
Phosphorsäure .	2,457	3,608	1,151	2,712	7,258	4,546	2,999	8,118	5,119
Kali . . .	13,975	27,247	13,272	15,424	50,737	35,313	17,054	54,000	36,946
Natron .	0,615	4,101	3,486	0,679	4,362	3,683	0,750	4,968	4,218
Kalkerde.	2 288	17,250	14,962	2,526	38,250	35,724	2,793	42,600	39,807
Magnesia	1,490	6,146	4,656	1,645	11,717	10,072	1,819	18,310	16,491

Aus den Zahlen dieser Tabelle geht unzweideutig hervor, dass in einem Boden, welcher Wasser enthält und in welchem sich eine Bodenlösung bilden kann, mehr Stoffe in die Pflanze übergehen, als in einem Boden, worin die Pflanzen nur allein auf die directe Aufnahme von den Bodentheilchen angewiesen sind. Die Pflanzen in Nro. 4 und 5 enthielten über das Doppelte mehr an mineralischen Substanzen, wie die Pflanzen in Nro. 7, 8 und 10; die letzteren waren zwar ebenso hoch geworden wie die ersteren, alle Theile waren aber dünner und schmächtiger und war im Ganzen auch weniger Pflanzenmasse producirt worden. Nehmen wir die Gewichtszunahme der Aschenbestandtheile von Nro. 7, 8 und 10 = 1, so ergeben sich folgende Verhältnisse für die Zunahme von Nro. 4 und 5:

	Nro. 4.	Nro. 5.
Gesammtasche	1 : 2,1;	1 : 2,4;
Kieselsäure	1 : 2,4;	1 : 2,6;
Phosphorsäure	1 : 4,0;	1 : 4,5;
Kali . . .	1 : 2,7;	1 : 2,7;
Kalk . . .	1 : 2,4;	1 : 2,7;
Magnesia . .	1 : 2,1;	1 : 3,5;

Phosphorsäure und Kali, also gerade diejenigen Stoffe, welche vom Boden am stärksten absorbirt werden, gehen aus einer Bodenlösung in grösserer Menge in die Pflanze, als wenn die Pflanze sie direct von den Bodentheilchen aufnehmen muss. Es ist aber auch nichts natürlicher als dies. In einem Boden, dessen Zwischenräume mit Wasser wenigstens zum Theil gefüllt sind, ist die Aufnahme der gelösten Stoffe eine weit leichtere, es sind der Pflanze mehr gelöste Stoffe geboten, als wenn sie nur auf die directe Aufnahme von den Bodentheilchen angewiesen ist; es ist leicht einzusehen, dass in jenem Falle, wo sich also im Boden eine Lösung befindet, die Wurzelhaare, weil sie von einer Lösung umgeben sind, mehr aufnehmen, als wenn die Wurzelhaare, wie bei der directen Aufnahme, nur in einzelnen Punkten mit den Nährstoffen in Berührung sind und dadurch eine kleinere aufnehmende Fläche haben.

Mit Sicherheit führt der Eichhorn'sche Versuch den Beweis, dass die Pflanzen ihre Nahrung direct von den Bodentheilchen aufnehmen können, ohne dass die Wurzel von Wasser umgeben ist; er beweist aber auch gleichzeitig, dass die Ernährung der Pflanze

nur eine unvollkommene sein würde, wenn die Pflanze ihre Nahrungsstoffe allein nur von den Bodentheilchen aufnähme.

Die Landpflanzen nehmen ihre Nahrungsstoffe sowohl aus der Bodenlösung als auch direct von den Bodentheilchen.

Wenn Liebig behauptet, die Landpflanzen nähmen ihre Nahrungsstoffe allein nur direct von den Bodentheilchen, wenigstens die wichtigsten Nährstoffe — Phosphorsäure, Kali, Kieselsäure, Ammoniak —, so ist das ein gewaltiger Irrthum; das Bodenwasser enthält, wie jetzt unzweifelhaft feststeht, alle der Pflanze nöthigen Nahrungsstoffe gelöst und aus der Bodenlösung müssen sie in die Pflanze hineindiffundiren. Nur in jenen Bodenpartien, in welchen sich kein capillarisch festgehaltenes Wasser befindet, werden die Nahrungsstoffe direct von den Wurzeln aufgenommen. Aus jenen Bodenpartien aber, in welchen capillarisch festgehaltenes Wasser vorhanden ist, kann keine directe Aufnahme stattfinden.

Wie Liebig sich die Aufnahme der Nahrungsstoffe aus dem Boden denkt, kann sie nicht stattfinden, ist sie eine Unmöglichkeit. Liebig denkt sich den Boden mit einer solchen Absorptionskraft begabt, dass alle gelöste Phosphorsäure, alles gelöste Kali beständig in ganzer Menge absorbirt wird, dass sie mithin in dem Bodenwasser gar nicht vorhanden sind; dann denkt er sich weiter die Wurzel mit eben jenem nährstofffreien Bodenwasser in Berührung. Was würden da aber für Vorgänge stattfinden? Die in den Wurzelzellen enthaltenen lösenden Agenzien bewirken die Auflösung der auf den Bodentheilchen niedergeschlagenen Nahrungsstoffe, die von diesen sofort in die Wurzelzellen übertreten sollen. Aber das Wasser in den Wurzelzellen steht mit dem ausserhalb der Wurzelzellen befindlichen Wasser in diosmosischer Communication; die in die Wurzelzellen eingetretenen Stoffe müssen nothwendig auch auf das äussere Wasser austreten, auf dasselbe hinüberdiffundiren; in demselben aber angelangt, wirkt die alles festlegende Absorptionskraft (wie Liebig sie sich nämlich denkt) auf die gelösten Stoffe ein und entzieht sie der Lösung. Die Nahrungsstoffe würden es so nur zu einem Kreislaufe zwischen Bodentheilchen, Wurzelzellen und Bodenwasser bringen; die Weiterwanderung der in die Wurzelzellen eingetretenen Stoffe höher in die Pflanze, zum Sitze der Assimilation, würde eine sehr kümmer-

liche sein; denn die Rückwanderung in das stets nahrungsstofffreie Bodenwasser ist nach den Gesetzen der Diffusion leichter als die Fortwanderung nach oben durch Tausende von Zellenmembranen. Indem Liebig dem Bodenwasser in quantitativer Beziehung nur eine geringe Bedeutung beilegt, und das capillarisch festgehaltene nur als sehr dünne, die Bodentheilchen einhüllende Feuchtigkeitsschichten auftreten lässt, scheint seine Theorie über die obigen Einwürfe hinwegzukommen; es soll ja eben nur eine dünne Wasserschicht sein, welche die Berührung der Membran mit den Bodentheilchen vermittelt. Aber auch das ist, wie ich gezeigt habe, eine durchaus falsche Auffassung; das Bodenwasser hat in räumlicher Beziehung Anspruch darauf, als eine zwischen den Bodentheilchen, in den Bodenräumen, befindliche selbstständige Lösung angesehen zu werden, in welcher sich die Wurzeln befinden, aus welcher die Wurzeln Wasser und gelöste Stoffe aufnehmen. Nun könnte man wohl noch, um die Liebig'sche Theorie zu retten, in die Wurzel ganz eigenthümliche Kräfte verlegen, welche die Diffusion aufheben; aber auf solche Hypothesen-Spielereien ist nichts zu geben, und weiter darauf einzugehen, nachdem der Liebig'schen Theorie die Grundlage, nämlich das nahrungsstofffreie Bodenwasser, genommen, wäre ganz überflüssig.*)

Das Verhalten der einzelnen Nährstoffe im Aufnahmeprocess.

Wenn ich in den vorgehenden Capiteln die Aufnahmeerscheinungen nur im Allgemeinen besprochen habe, so bleibt mir nun noch übrig, das Verhalten der einzelnen Stoffe bei der Aufnahme zu besprechen. Alle diejenigen Stoffe, welche die Pflanze zu ihrer Entwicklung nöthig hat und sie zu diesem Zwecke aufnimmt, können wir als ihre Nahrungsstoffe betrachten; die Pflanze nimmt indess auch andere Stoffe auf, wenn dieselben aufnehmbar sind

*) Ich bin in den „landwirthschaftlichen Versuchsstationen" Band IV. Seite 299, an welchem Orte ich die an dieser Stelle vorgetragene Theorie von der Aufnahme der Nahrungsstoffe aus dem Boden bei den Landpflanzen zuerst entwickelt habe, näher auf derartige Hypothesen eingegangen und verweise den Leser auf das dort Gesagte.

und mit den aufnehmenden Organen in Berührung kommen; die letzteren können wir als zufällige Bestandtheile der Pflanze auffassen und sie so auch bezeichnen. Eine strenge Scheidung der Nährstoffe von den zufälligen Bestandtheilen ist nicht leicht möglich und um so weniger, als manche Stoffe, z. B. Zink, Kupfer, der einen Pflanze nothwendig sind, also zu ihren Nährstoffen mitgerechnet werden müssen, während sie bei anderen Pflanzen nur als zufällige Bestandtheile vorkommen. Zu den Nährstoffen der meisten Pflanzen und die allen Pflanzen nothwendig sind, würden wir zu rechnen haben:

Kohlensäure, Ammoniak, Wasser,
Salze von Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen,
Salze von Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure,
Chlor und Kieselsäure;

als zufällige Bestandtheile, die jedoch mancher Pflanze als Nährstoff dienen können, kommen vor:

Salze von Lithion, Rubidium, Baryum, von Mangan, Thonerde,
Zink, Silber, Kupfer und anderen Metallen,
Salze von Fluor, Jod und Brom, Arsenik,
organische Säuren, wie Essig-, Ameisen-, Propion-, Buttersäure u. s. w.; auch sind die humusartigen Säuren — Humin, Quell- und Quellsatzsäure — mit hierher zu rechnen.

Es fragt sich nun, ob überhaupt, in welcher Form und in welcher Weise die genannten Stoffe in die Pflanzen eintreten. Dem Ob? will ich ein eigenes Capitel widmen, da dasselbe mit der sehr bedeutenden Frage nach dem Wahlvermögen der Pflanze zusammen fällt.

Wasser. Das Wasser könnte in zwei Formen von der Pflanze aufgenommen werden, und zwar als tropfbarflüssiges und als gasförmiges. Das tropfbarflüssige Wasser wird überall da aufgenommen, wo es mit permeablen Zellen in Berührung kommt. Ich habe diesen Gegenstand schon oftmals berührt und kann füglich hier darüber hinweggehen. Dass die Pflanze gasförmiges Wasser aufnehme und aufnehmen könne, ist vielfach behauptet worden und sollen hierzu nicht nur eigene Organe bei manchen Pflanzen vorhanden sein — Luftwurzeln —, sondern man hat diese Fähigkeit auch den Blättern und Wurzeln zugeschrieben; was nun die

letzteren betrifft, so ist die Aufnahme des Wasserdunstes vollständig unmöglich, was die Luftwurzeln betrifft, sehr problematisch. Solange wie in einer Zelle noch wässrige Flüssigkeit zugegen ist, verdunstet sie durch ihre Membran Wasser; eine gleichzeitige Aufnahme gasförmigen Wassers ist eine physicalische Unmöglichkeit. An Blättern und Wurzeln tritt dieser Fall aber ein; da sind alle vegetirenden Zellen noch mit Saft erfüllt und andere Zellen, die gasförmiges Wasser aufzunehmen vermöchten, sind nicht oder in nicht beachtenswerther Weise vorhanden. Duchartre, Unger, Knop und Sachs haben durch Experimente nachgewiesen, dass Blatt und Wurzel kein Wassergas aufzunehmen vermögen. W. Knop brachte eine Zwergbohne unter eine Glasglocke, deren Luft mit Feuchtigkeit gesättigt war; unter diesen Umständen nahm die Pflanze kein Wassergas auf, im Gegentheil, es wurde noch Wasser aus der Pflanze verdunstet, wenn auch nur kleine Mengen. Wenn die Pflanze noch Wasser an die mit Wassergas gesättigte Atmosphäre abgab, so hat das etwas Auffallendes, es lässt sich aber dadurch leicht erklären, dass die Temperatur während des Versuches stieg, hiermit die Sättigungscapacität der Luft eine grössere wurde und neue Mengen Wasser verdunsten mussten, um die Luft wieder zu sättigen. Dass die Wurzeln kein Wassergas aufnehmen, hat Julius Sachs durch Versuche gezeigt. Eine Camellie, deren Wurzeln sich in einer mit Wasserdunst gesättigten Atmosphäre befanden, gab noch Wasserdunst an die Luft der Atmosphäre ab.

Wenn eine Pflanze Wassergas aufnehmen sollte, so könnte dies höchtens durch poröse Apparate geschehen, solche sind aber bis jetzt nicht nachgewiesen worden, da man lufthaltige Zellen als solche nicht ansehen darf. Luftführende Zellen werden freilich Wassergas aufnehmen und bei dem Heruntergehen der Temperatur (durch Thaubildung) dasselbe auch zu tropfbar flüssigem Wasser condensiren; aber, wo solche Zellen vorkommen, stehen sie auch mit safterfüllten Zellen in nächster Berührung und wird der Wasserdunst viel eher aus diesen Zellen in die lufterfüllten gelangen, als aus der Atmosphäre; zudem würde auch, selbst wenn sie Wassergas aus der Atmosphäre aufnehmen, die condensirte Wassermenge so unbedeutend sein, dass sie bei der Ernährung der Pflanze nicht in Betracht kommen kann. Die Luftwurzeln, welchen man so gern die Fähigkeit zuschreibt, Wasserdunst aus der Luft aufzunehmen,

haben über ihrer Epidermis eine eigenthümliche Schicht luftführender Zellen — Wurzelhülle —, welche mit Wasserdunst erfüllt sind; dieser Wasserdunst ist aber offenbar aus den unter ihnen liegenden Parenchymzellen in sie verdunstet, nicht aber aus der Luft aufgenommen worden; und wenn dies der Fall wirklich wäre, welchen unbedeutenden Beitrag nur könnten diese Wurzeln, die ja in verhältnissmässig geringer Menge zugegen sind, zu der Wasserversorgung der Pflanze, die zudem meistens sehr wasserreich sind, liefern. Die luftführenden Zellen der Luftwurzeln scheinen viel eher dazu bestimmt zu sein, die Verdunstung des Wassers aus den darunter liegenden Parenchymzellen zu verhindern, als von aussen Wasserdunst aufzunehmen.

Die Pflanze nimmt weder aus dem Boden noch aus der Luft eine bemerkenswerthe Menge Wassergas auf.

Begegnen wir in der Natur auch Pflanzen, die, weil sie nicht mit dem Boden oder einer anderen Nahrungsquelle als der Atmosphäre in Verbindung stehen, alle ihre Nahrungsstoffe und das Wasser aus der sie umfluthenden Luft aufnehmen, so wird das Wasser doch nur in tropfbarflüssiger Form in die Pflanze eingeführt und zwar nachdem es durch Thaubildung auf deren Blätter und sonstigen Organe niedergeschlagen wurde. In Gegenden, wo wir derartige Luftpflanzen finden, ist die Atmosphäre sehr reich an Wasser und die Thaubildung eine für die Pflanze ergiebige, zudem ist da gerade aber auch die Verdunstung eine sehr geringe, so dass die Pflanzen nicht viel Wasser abgeben und deshalb auch nicht viel aufzunehmen brauchen.

Die Kohlensäure wird von der Pflanze sowohl in gasförmiger Gestalt als in flüssiger Form, gelöst in Wasser, aufgenommen; auch mag die in der Form der doppeltkohlensauren Salze in die Pflanze gelangende Kohlensäure zum Theil sich ebenso im Assimilationsprocesse verhalten wie freie Kohlensäure. Indem die Luft an der Pflanze vorbeistreicht und in die Lufthöhlen und Luftgänge der Blätter durch die Spaltöffnungen eindringt, nehmen die Zellen die Kohlensäure auf; ebenso absorbiren auch die Wurzelzellen, wenn sie in einem lufterfüllten Bodenraume sich befinden, die Kohlensäure der Bodenluft. Die im Bodenwasser gelöste freie Kohlensäure diffundirt nach den gewöhnlichen Gesetzen der Diffusion in die Pflanze hinein. Die von den Blättern aufgenommene Kohlensäure wird zum grössten Theile schon in den Blättern zer-

legt und assimilirt; die von den Wurzeln aufgenommene diffundirt durch die Pflanze zu den Blättern, um dort assimilirt zu werden. Hiervon kann man sich überzeugen, wenn man eine Wasserpflanze, deren Blattwerk sich in einer abgesperrten Glasglocke mit kohlensäurefreier Luft befindet, mit ihren Wurzeln in ein mit Kohlensäure imprägnirtes Wasser bringt; es wird alsdann Sauerstoff von den Blättern ausgeschieden, welcher aus der Zersetzung der von unten herauf diffundirten Kohlensäure herrührt.

Jeder gute Ackerboden, jeder Wiesen- und Waldboden enthält in seiner Luft und in seinem Wasser freie Kohlensäure, welche in die Pflanze überzugehen vermag; viele Pflanzen sind geradezu darauf angewiesen, einen grossen Theil ihres Kohlensäurebedarfes dem Boden zu entnehmen, sollen sie eine grössere Menge Pflanzenmasse produciren. Besonders gehören hierher unsere armblättrigen Cerealien. Die von Basen gebundene Kohlensäure ist für die Pflanze von geringerer Bedeutung; von den doppeltkohlensauren Salzen, von welchen hauptsächlich der kohlensaure Kalk wohl nur in Betracht zu ziehen ist, wird wahrscheinlich ein Aequivalent Kohlensäure in der Pflanze assimilirt.

Ammoniak und Salpetersäure, sowie vielleicht auch salpetrige Säure werden sowohl von den Blättern als von den Wurzeln der Pflanze zugeführt. Die Atmosphäre enthält Ammoniak und Salpetersäure und diese Stoffe werden von den Blattzellen aufgesogen, jedenfalls ist aber die Menge, welche auf diese Weise in die Pflanze gelangt, unbeträchtlich; Pflanzen, welchen die genannten Stoffe nur aus der Atmosphäre geboten werden, bringen es nicht zu einer auch nur einigermaassen bedeutenden Production von Pflanzenmasse. Eine andere sehr wichtige Quelle stickstoffhaltiger Pflanzennahrung ist die Verdunstung. Ich habe früher schon von den Schoenbein'schen Versuchen gesprochen, wodurch nachgewiesen wurde, dass bei jeder Verdunstung von Wasser, selbst wenn dieselbe von Flächen, wie Leinwand u. dgl. stattfindet, salpetrigsaures Ammoniak gebildet wird. Die an den Luftgängen und Athemhöhlen liegenden Zellen verdunsten Wasser, das bei dieser Verdunstung erzeugte salpetrigsaure Ammoniak diffundirt sofort von der Oberfläche der Zellen durch die Molecularinterstitien der Membran auf den Inhalt der Zellen hinüber und wird wahrscheinlich alsbald assimilirt. Es ist bekannt, dass blattreiche Pflanzen, wie Hülsenfrüchte, Klee, weit mehr Stickstoff in ihrer organischen

Masse produciren als dem Boden durch Düngung gegeben wurde; man versuchte diese Thatsache dadurch zu erklären, dass man den Blättern und dem Boden eine Aufnahme stickstoffhaltiger Nahrung, Ammoniak und Salpetersäure, aus der atmosphärischen Luft zuschrieb; es ist dies nicht allein möglich, sondern auch wahrscheinlich, aber bei der geringen Menge, in welcher diese Stoffe in der Atmosphäre enthalten sind, musste uns doch der beträchtliche Gewinn an Stickstoff etwas befremden. Nach Schoenbein's Entdeckung ist die Sache aber klarer geworden, und wir dürfen wohl annehmen, dass die Pflanzen, welche so beträchtliche Mengen Wasser verdunsten, einen grossen Theil des Ammoniaks durch die Verdunstung des Wassers aus den Blättern bilden. Freilich bildet sich auch im Boden bei der Verdunstung des Wassers aus demselben salpetrigsaures Ammoniak, allein bei dichtstehenden und blattreichen Pflanzen ist die directe Verdunstung aus dem Boden in quantitativer Beziehung lange nicht so bedeutend wie aus den Blättern.

In welcher Gestalt das im Boden enthaltene Ammoniak in die Pflanze eintritt, ist uns nicht bekannt, übrigens wird es mit jeder Säure verbunden aus der Bodenlösung in die Pflanze hineindiffundiren oder von den Bodentheilchen in die Wurzelzellen eintreten, und wird je nach der Zusammensetzung der Nährstoffmischung in verschiedener Verbindung auftreten und vielleicht am meisten mit Phosphorsäure verbunden von der Pflanze aufgenommen werden. Ebenso verhält es sich mit der Salpetersäure; in welcher Verbindung dieselbe in die Pflanze hineingehe, wird ebenso von der Zusammensetzung der Nährstoffmischung hauptsächlich bedingt sein.

Die mineralischen Nährstoffe. Dieselben werden fast ausschliesslich von der Wurzel aufgenommen; wenn auch durch die Thaubildung unendlich geringe Mengen dieser Stoffe aus der Atmosphäre niedergeschlagen werden können, so ist diese Art der Zuführung im Allgemeinen doch gar nicht in Anschlag zu bringen. Alle diese Stoffe, vielleicht die Kieselsäure ausgenommen, treten als Salze in die Pflanze ein und müssen diese Salze löslich in Wasser sein: das ist Alles, was wir darüber wissen. Wenn wir schon nicht wissen, in welcher Verbindung die einzelnen gelösten Stoffe im Boden zugegen sind, so muss es uns eben so fremd sein, in welcher Verbindung sie in die Pflanze eintreten und durch die Pflanze wandern. Halten wir fest, dass zur Diffusion die gelöste Form nöthig ist, so werden wir einige Vermuthungen nicht zurück-

weisen dürfen. Die Alkalien sind fast mit jeder Säure löslich. Der Kalk ist löslich als saurer kohlensaurer, schwefelsaurer, essigsaurer, salpetersaurer, als Chlorcalcium u. s. w.; gewiss kann er in allen diesen Formen in die Pflanze eintreten, am wahrscheinlichsten aber als salpetersaurer, doppeltkohlensaurer Kalk und als Chlorcalcium. Magnesia verhält sich ähnlich. Die Schwefelsäure dürfte am meisten an Alkalien gebunden, vielleicht auch mit Magnesia in die Pflanze hineinwandern. Die Phosphorsäure ist am meisten löslich in Verbindung mit Ammoniak, Kali und Natron, wenig oder nicht löslich in der Verbindung mit Kalk, Magnesia, Eisen; phosphorsaures Kali, Natron und vorzüglich vielleicht phosphorsaures Ammoniak sind die diffundirenden Verbindungen der genannten Säure. Eisen ist als schwefelsaures, salpetersaures, als Chlorverbindung in Wasser löslich und diffusibel. Die Kieselsäure dürfte mit Alkalien verbunden ihren Weg in die Pflanze nehmen; Manche nehmen an, dass dieselbe auch als freie Säure in die Pflanze eintrete, was wohl möglich ist und der Pflanze jedenfalls keinen besonderen Schaden zufügen wird; wir wissen darüber indess nichts Bestimmtes. Auf die Form der mineralischen Stoffe, in welcher sie in die Pflanze wandern, ist unzweifelhaft die Zusammensetzung der Nährstoffmischung von bedeutendstem Einfluss, sie wird je nach deren Zusammensetzung verschieden sein; die Säure, welche in dem einen Boden mit Kali in die Pflanze wandert, kann in einem andern Boden mit Kalk oder Natron in dieselbe hineingehen. Uebrigens muss man nicht denken, dass der eine Stoff immer nur in einer Verbindung in die Pflanze hinein und durch dieselbe gehe; er wird gleichzeitig in mehreren Verbindungen zugegen sein, z. B. Schwefelsäure gleichzeitig an Kali, Natron und Magnesia gebunden.

Organische Stoffe. Unzweifelhaft kommen in jedem Boden, in welchem sich organische Stoffe zersetzen, organische Säuren vor, wie Propionsäure, Buttersäure u. s. w.; wo sie zugegen sind, werden sie, mit Basen verbunden, unfehlbar in die Pflanzen eintreten; doch ist ihre Menge nicht bedeutend genug, um bei der Ernährung eine besondere Rolle spielen können. Wichtiger, wie diese Säuren, sind für uns die humosen Säuren, über deren Bedeutung zur Pflanzenernährung schon viel gestritten worden ist.

Die älteren Physiologen und Landwirthe hielten den Humus für die wichtigste Pflanzennahrung; später wurde indess gezeigt, dass der Humus als solcher nicht löslich sei und desshalb auch

keine, wenigstens keine directe Pflanzennahrung sein könne. Es zeigte sich, dass nur ein kleiner Theil dessen, was man Humus nannte, in Alkalien löslich ist und dass die gelösten Stoffe die Natur von Säuren besitzen und sich mit Basen zu Salzen verbinden lassen. Diese Säuren scheinen keine constanten Körper zu sein und ist desshalb ihre genaue Bestimmung schwer. Es lassen sich jedoch vier Säuren gut unterscheiden, nämlich Ulmin- und Huminsäure, welche mit Alkalien braune Verbindungen geben, und Quell- und Quellsatzsäure (Kren- und Apokrensäure Mulder's), deren Verbindungen mit Alkalien heller gefärbt oder weiss sind. Ulmin- und Huminsäure geben mit Alkalien in Wasser lösliche Verbindungen, mit Erden aber unlösliche, die Quell- und Quellsalzsäure geben ausser mit Alkalien auch mit Erden einige lösliche Verbindungen.

Ob diese Verbindungen, die ich als humussaure Verbindungen allgemein bezeichnen will, in die Pflanze eintreten und der Pflanze als Nährstoffe dienen, sind Fragen, die uns hier entgegentreten. Dass sie den meisten Pflanzen, besonders unsern Culturgewächsen zur Ernährung nicht nöthig sind, darf wohl als ausgemacht betrachtet werden; zweifelhaft bleibt es aber, ob sie in der Pflanze zersetzt und assimilirt werden, wenn sie in die Pflanze einmal aufgenommen wurden.

Ueber die Aufnahmsfähigkeit dieser Stoffe ist viel hin und her gestritten worden und ist die Frage noch nicht vollständig beantwortet. Dass sie aber aufgenommen werden können, dürfte nach mehreren Versuchen nicht bezweifelt werden. Der exacteste Versuch ist jedenfalls der von de Saussure, welchen ich hier in Kürze mittheilen will. Dieser geniale Forscher setzte Bohnenpflänzchen in eine Lösung von huminsaurem Kali; nach 14 Tagen hatte die Pflanze 6 Gramm an Gewicht zugenommen und dabei aus der Lösung 9 Milligramm Huminsäure aufgenommen. Eine Pflanze von Polygonum Persicaria hatte aus einer Lösung von huminsaurem Kali 43 Milligr. Huminsäure aufgenommen, während ihr Gewicht um 3,5 Gramm vermehrt wurde. Dabei wurden die braunen Lösungen entfärbt. Gleichzeitig setzte er auch andere Pflanzen mit verletztem Wurzelwerk in Lösungen von huminsaurem Kali; es wurden diese nicht entfärbt. Daraus durfte wohl der Schluss gezogen werden, dass Pflanzen mit gesunden Wurzeln humussaure Verbindungen aufnehmen. Dass diese Stoffe etwas diffusibel sind,

geht aus meinen Versuchen hervor. Als ich die Membranröhre meines Diffusionsapparates mit einer Lösung von humussaurem Kali füllte und sie anderseits mit Wasser in Berührung brachte, färbte sich das äussere Wasser hellbraun; es musste demnach wohl humussaures Kali durch die Membran zum Wasser diffundirt sein. Was aber bei einer gegenüber der Zellenmembran so dicken Membran geschieht, soll das nicht in viel höherem Grade auch bei der sehr zarten Membran der Wurzelzellen und der Pflanze überhaupt geschehen können? Ein grosser Theil des humussauren Kali's blieb aber in der Membran sitzen, ging nicht durch dieselbe hindurch, und je mehr sich die Flüssigkeit entfärbte, um so dunkler braun wurde die Membran. Die Humussäuren und ihre Salze gehören offenbar zu den Colloiden, die schlecht durch Membrane diffundiren und sich in den Molecularinterstitien derselben gern festsetzen.

Wenn humussaure Verbindungen in die Pflanze eintreten, so werden sie jedenfalls zersetzt, ob ihre Zersetzungsproducte aber assimilirt werden, ob überhaupt diese Stoffe zur Ernährung der Pflanze etwas beizutragen vermögen, ist bis jetzt nicht bekannt. Als ich humussaures Kali längere Zeit in einem offenen Cylinder stehen liess, bildete sich am Boden desselben eine Algenflora, von der Gasbläschen in nicht unbeträchtlicher Menge aufstiegen; schüttelte man den Inhalt des Glases, so trennten sich die Gasbläschen von der Vegetation, bald waren aber wieder neue da. Ich habe dieses Gas leider nicht bestimmt, Kohlensäure war es indess nicht, und möchte ich es für Sauerstoff halten; auch hatte sich in der Lösung kein kohlensaures Kali gebildet. Es ist nicht ganz unwahrscheinlich, dass die Cryptogamenflora in der braunen Lösung des humussauren Kali's letzteres Salz zersetzte, die Humussäure assimilirt wurde und das freigewordene Kali von in den Pflänzchen entstandenen organischen Säuren gebunden wurde.

Das Wahlvermögen der Pflanze.

Die älteren Physiologen waren allzusehr geneigt, die Pflanze und ihre Lebensvorgänge mit dem thierischen Organismus zu vergleichen und gar zu identificiren; so kam es denn auch, dass sie der Pflanze das Vermögen zuschrieben, die ihr nöthigen Nährstoffe sich selbst aussuchen zu können. Man beobachtete jedoch bald, dass die Pflanzen auch solche Stoffe aufnehmen, wodurch sie zu

Grunde gehen, welche also als Gift auf sie wirken. Die Pflanze besitzt ein solches Wahlvermögen, welches man ein qualitatives nennen könnte, nicht; was ihrer Wurzel in gelöster Form geboten wird, das nimmt sie auf und geht sie auch dabei zu Grunde. Setzt man eine Pflanze in eine Lösung von schwefelsaurem Kali, Natron und Kupfer, so nimmt sie das schwefelsaure Kupfer in weit grösserer Menge auf als die ersteren Stoffe und stirbt. Gift ist überhaupt ein sehr relativer Begriff; Kupfer nennt man ein Gift, Ammoniak und Kali nicht; beide aber können die Pflanze zu Grunde richten, von Kupfersalzen ist dazu indess nur eine kleine, von Kali- und Ammoniaksalzen sind grössere Mengen nöthig. Erleiden die von der Wurzel aufgenommenen Stoffe in der Pflanze eine chemische Veränderung oder werden sie in unlösliche Form übergeführt und aus dem Zellsafte ausgeschieden, so treten grössere Mengen ein, selbst wenn sie der Wurzel auch nur in niedriger Concentration geboten werden; aus einer verdünnten Lösung von schwefelsaurem Kupfer werden grössere Mengen in die Pflanze eingeführt, weil dieses Salz sich mit dem Eiweiss verbindet und als Kupferalbuminat ausgeschieden wird.

Die meisten auf die Pflanze als Gift wirkenden Stoffe haben ihre Wirkung in einer Veränderung der eiweissartigen Substanzen, sie coaguliren das Eiweiss und stören dadurch die Lebensprocesse. Die meisten Gifte aber können in sehr kleinen Mengen ebenfalls vertragen werden, z. B. die Kupfersalze, Quecksilber- und Silbersalze u. s. w., ja bei manchen Pflanzen werden sie sogar zum Bedürfniss, wenn nämlich die Pflanzen unter ihrem Einflusse viele Generationen hindurch vegetirt haben, so z. B. das Galmeiveilchen, welches sich ohne Zweifel unter dem Einflusse kleiner Mengen von Zinksalzen entwickelt hat, und sich bald wieder in seine Stammpflanze zurückbildet, wenn es auf einen Boden geräth, der kein Zink besitzt.

Ein qualitatives Wahlvermögen besitzen demnach die Pflanzen nicht; sie nehmen Alles auf, was in gelöstem Zustande mit der Wurzel in Berührung kommt. Wie schon bemerkt, kann man alle in Wasser löslichen leicht diffusiblen Stoffe in Pflanzen einführen, wenn man dieselben in wässrigen Lösungen vegetiren lässt; man wird sie in der Pflanze wiederfinden, wenn auch oft nur in der Wurzel. Führt man dem Boden Stoffe zu, etwa metallische Salze, so werden sie auch von hier aus in die Pflanzen eintreten, voraus-

gesetzt, dass sie nicht in dem Boden unlöslich gebunden werden und dass sie sich im Bodenwasser auflösen. Sonst selten in Pflanzen vorkommende Stoffe werden zuweilen in Pflanzen angetroffen und sind dieselben unter natürlichen Verhältnissen aufgenommen worden. Schon Scheele fand den Baryt als natürlich verkommenden Bestandtheil der Pflanzenaschen, Eckard denselben neuerdings in Buchen aus der Nähe Göttingens; den bunten Sandstein, auf welchem diese Buchen gewachsen waren, fand Lütterkorth barythaltig. Wittstein und Apoiger fanden sogar in dem Samen von Maesa picta (das abyssinische Bandwurmmittel Saoria) Borsäure; in Menyanthes trifoliata (Fieberklee) hat man Jod, in Seegewächsen Silber gefunden u. s. w.

In wie fern die Annahme eines quantitativen Wahlvermögens Berechtigung hat, habe ich an einer anderen Stelle gezeigt.

Die Wege der Stoffwanderung in der Pflanze.

Bei den einzelligen Pilzen und Algen beschränkt sich die ganze Stoffwanderung auf die Diffusion zwischen Nahrungsflüssigkeit und Zelleninhalt; ähnlich ist es auch bei allen fadenförmigen Algen und Pilzen: eine Wanderung der Stoffe aus einer Zelle in die andere findet bei den letzten nicht Statt. Bei jenen Charen, welche aus einem centralen Zellenstrange mit einem einfachen die Centralzelle umgebenden Zellenkreise bestehen, scheinen die äusseren Zellen die Nährstoffe aufzunehmen, und von hier aus werden dieselben dann in den centralen Zellenstrang wandern. Auch bei den Flechten und vielen Pilzen ist schon eine Wanderung von den aufnehmenden Zellen aus über die ganze Pflanze zugegen, besondere Stoffwanderungs- oder Diffusionswege sind hier aber noch nicht zu finden; in Beziehung zur Stoffwanderung scheinen alle Zellen dieser Pflanzen noch ziemlich gleichwerthig zu sein. Bei den milchenden Pilzen finden sich indess schon einzelne Zellen, einfache Zellenstränge, welche das Mycelium durchziehen und einen von den anderen Zellen durchaus verschiedenen Inhalt — einen Milchsaft — führen. Welche Bedeutung diese Zellen und ihr Milchsaft haben, ist uns noch unbekannt; möglich ist es, dass sie eigenthümliche Stoffwanderungswege sind, vielleicht haben sie jedoch auch nur die Bedeutung von Reservestoff- oder Excret-Behältern.

Bei den Fucoiden muss sich schon eine Verschiedenheit in der Stoffwanderung durch das Gewebe finden, sie muss in der Randpartie, welche aus 2—4 Reihen kleiner, runder oder vielflächiger Zellen gebildet ist, sich anders verhalten wie in den Zellen der Mitte, welche weit, in axialer Richtung langgestreckt, von dickeren

Schichten Intercellularsubstanz umgeben sind und häufig durch Porencanäle communiciren. Die axiale Streckung deutet auf eine Strömung in der Längsrichtung dieser Zellen hin, wohingegen die Porenkanäle auf eine Querströmung unzweifelhaft hinweisen.*) Betrachtet man die anatomischen Verhältnisse dieser Pflanzen, so hat es allen Anschein, als wenn die von den Zellen der Oberfläche aufgenommenen Stoffe in der Randpartie assimilirt würden und die assimilirten Stoffe von hier aus seitlich in die langgestreckten Zellen der Markpartie diffundirten, um daselbst zur Zellenvermehrung verwendet zu werden. Da auch bei diesen Pflanzen das hauptsächlichste Wachsthum an den jüngsten Enden sitzt, so ist eine Wanderung der zellenerzeugenden organischen Stoffe aus den älteren Partien nach den wachsenden Enden hin nothwendig, und diese scheint hauptsächlich durch die Zellen der Markpartie stattzufinden, die wir alsdann als einfache Leitzellen anzusehen hätten.

Die Verschiedenheit der Stoffwanderung tritt erst bei den höher organisirten Pflanzengruppen hervor. Während bei den Lebermoosen und manchen Laubmoosen der Pflanzensaft — das Wasser und die darin gelösten organischen und anorganischen Stoffe — sich noch ziemlich gleichmässig über alle Zellen zu verbreiten scheint und in den Zellen anatomisch noch keine Verschiedenartigkeit wahrzunehmen ist, gestalten sich bei manchen anderen Lebermoosen schon die Zellen der Mitte zu einer eigenen, von den sie umgebenden Zellen — dem Rindenparenchym — unterschiedenen Partie, das Cambium, welches aus dünnwandigen, etwas in axialer Richtung gestreckten Zellen besteht. Indem mehrere Längsreihen solcher Zellen nebeneinander liegen, bildet sich ein Bündel, Cambiumbündel oder Leitzellenbünbel (vergl. S. 18). Bei den Laubmoosen, Pflanzen, welche schon eine deutliche Gliederung in Stamm und Blatt zeigen, findet sich das Cambium allgemein verbreitet; als Leitzellenbündel die Mitte des Stengels einnehmend — centrales Cambiumbündel, centrales Gefässbündel, oder besser centrales Leitbündel — steht es nach unten mit den Wurzelhaaren in Verbindung, während es nach oben in das Blatt eintritt und daselbst als Mittelnerv äusserlich sichtbar wird. Wir haben es bei

*) Ausführliches über diese phytonomischen Ansichten findet man in meinem Werke: „Die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze", und zwar im Anhange, „Die Diffusion in ihren Beziehungen zur Phytonomie."

den Laubmoosen also mit Pflanzen zu thun, welche in ihren wesentlichen Theilen den höheren Pflanzengruppen entsprechen: wir sehen das Cambium von dem Parenchym geschieden, die Pflanze sich zu Stamm und Blatt, welche verdunsten, und einem Aufnahmeorgan für die flüssigen Nahrungsstoffe — Wurzelhaare — gestalten. Bei den höheren Pflanzengruppen treten die Leitzellenstränge aus der Mitte des Stengels hervor und es treten dafür auf dem Querschnitte in einen Kreis gestellte Leitzellen- oder Gefässbündel ein oder dieselben zeigen sich auf dem Querschnitte zerstreut, oder neben einem Kreise von Cambiumzellen finden sich auch zerstreute Leitzellenbündel. Bei vielen phanerogamen Wasserpflanzen — Najas, Lemna, Nuphar, Nymphaea, Ceratophyllum demersum, Victoria regia u. s. w. — bestehen die Leitzellenbündel aus einfachen in axialer Richtung gestreckten, dünnmembranigen Zellen, ohne Zellenbildungen mit verdickter oder verholzter Membran und röhrenförmiger Verschmelzung. Die Gefässe, Siebröhren und Bastzellen finden sich bei den meisten übrigen Pflanzen, am ausgebildetsten bei den entschiedenen Landpflanzen.

Bei den Farrenkräutern treten zuerst neben dem Cambium Gefässe auf, die Leitzellenbündel (aus Gefässen und Cambium bestehend) sind kreisförmig (auf dem Querschnitte der Pflanze) gestellt; der Leitzellenbündel- oder Gefässbündelkreis scheidet das Parenchym in ein äusseres — Rindenparenchym — und ein inneres — Markparenchym — und die Gefässbündel gehen in's Blatt über, wo sie sich vielfach theilen.

Bei den Equisetaceen sind die Verhältnisse mit wenigen Ausnahmen wie bei den Farrnkräutern. Bei den Rhizocarpeen und Lykopodiaceen ist das Leitzellenbündel wieder central. Bei einer Lykopodiacee — Selaginella brasiliensis — liegt das Gefässbündel frei in dem Innern eines Luftcanals, welcher vom Rindenparenchym umgrenzt wird; das Gefässbündel steht nur durch einige Zellen mit dem Parenchym der Rinde in Verbindung, wodurch es in dem Luftcanal gehalten wird. Bei dieser Pflanze sind die Stoffwanderungswege scharf abgegrenzt, die Wurzel steht mit den Blättern und den fortbildungsfähigen Geweben der Endorgane durch das Gefässbündel in Verbindung, seitliche Stoffwanderungen aus dem Parenchym in dies Gefässbündel können nicht vorkommen.

Bei den Monokotyledonen findet sich ein Ring von Cambiumzellen zwischen Mark- und Rindenparenchym, gleichzeitig wird

aber auch das Mark in axialer Richtung vielfach von Leitzellen- oder Gefässbündeln durchzogen. Das Gefässbündel der Monokotyledonen besteht im jugendlichen Zustande nur aus Cambiumzellen, später verwandelt ein Theil derselben sich in Gefäss- und Bastzellen, während der andere Theil als einfache dünnwandige Leitzellen verbleibt. Die letzteren liegen in der Mitte des Leitzellenbündels, nach dem Marke hin umgeben von Gefässen, nach der Rinde hin umgeben von Bastzellen.

Die dikotyledonen Pflanzen besitzen Leitzellenbündel, die kreisförmig (auf dem Querschnitte) gestellt sind. Der mittlere Streifen des Gefässbündels besteht aus cambialen Zellen; der äussere, der Rinde zugewendete Streifen, aus Bastzellen, welchen sich bei vielen Pflanzen die sogenannten Siebröhren beigesellen; der innere Streifen besteht aus Gefässen und Holzzellen. Ausser den als Leitzellen verbleibenden Cambiumzellen des Leitzellenbündels findet sich bei den Dikotyledonen auch ein Cambiumring, welcher gebildet wird durch die Cambiumzellen des Gefässbündels und ein eigenes Cambium (siehe S. 23). In den Stamm- und Stengeltheilen gehen in querer Richtung etwas gestreckte Zellen — die Markstrahlen — von dem Rindenparenchym quer durch das Cambium durch die Gefässe und das Holz zu dem Marke. Die Markstrahlzellen verholzen erst spät, sie bleiben deshalb länger permeabel wie die Gefäss- und Holzzellen und sind oft viele Jahre mit Saft erfüllt. Stärkemehlkörner werden, besonders bei Holzpflanzen, häufig in den Markstrahlzellen gefunden.

Die Bastzellen bleiben bei vielen Pflanzen für immer dünnmembranig und mit Saft erfüllt; bei andern Pflanzen verdickt und verholzt ihre Membran. Ein eigenthümliches Saftleitungssystem wird gebildet, wenn die Bastzellen sich bedeutend in die Länge strecken und ganze Reihen solcher Zellen derart mit einander verschmelzen, dass ihre Hohlräume in einander übergehen; sie sind mit eigenthümlichen, oft gefärbten Säften gefüllt und heissen Milchsaftgefässe.

Schliesslich hätten wir noch der Zellen der Oberhaut zu gedenken, welche die Pflanze nach aussen begrenzen. Diese Zellen zeigen sich in der mannigfachsten Form, immer aber stossen sie so aneinander, dass eine vollkommen geschlossene, d. h. nicht durch Intercellularräume durchbrochene Schicht (Haut) gebildet wird, nur

in der Oberhaut der grüngefärbten Pflanzentheile sind die Spaltöffnungen als Lücken zwischen den Zellen geblieben.

Die Epidermiszellen sind abgeplattet und meistens verdickt, besonders ist es die äussere mit der Luft in Berührung stehende Wand der Zelle, welche sich am stärksten verdickt und durch Cuticulaüberzüge für Wasser vollständig impermeabel geworden ist. Durch die cuticularisirte Epidermis ist die Pflanze geschlossen, sie vermag durch diese hindurch keine Stoffe aufzunehmen aber auch keine abzugeben; besonders ist die Unmöglichkeit der Verdunstung des Wassers durch diese Epidermiszellen für die Pflanze von Bedeutung. Die zwischen den Epidermiszellen der grüngefärbten Pflanzentheile liegenden Spaltöffnungen vermitteln die Verbindung des Innern der Pflanze mit der Atmosphäre. Es gilt das Gesagte natürlich nur für die Landpflanzen, denn bei den Wasserpflanzen ist die Epidermis der untergetauchten Theile, wenigstens im jugendlichen Zustande, permeabel und gestattet Diffusionsströmungen zwischen dem Wasser und der Zellflüssigkeit. Oft ist die Epidermis des Stengels oder Stammes von Korkschichten ersetzt.

Das Epiblema oder die Oberhaut der Wurzel besteht aus dünnmembranigen abgeplatteten Zellen, welche sich meistens zu Haaren verlängern (Fig. 23) — die Wurzelhaare. — Es umkleidet die jüngsten und wachsenden Theile aller Wurzeln. An den älteren Theilen der Wurzeln verschwindet das Epiblema und wird durch Korkschichten ersetzt. Die Epiblemazellen und Wurzelhaare sind sehr permeabel; sie stehen zunächst mit der Nahrungsflüssigkeit und den Nährstoffen in Berührung und nehmen diese auf. Aus den Epiblemazellen werden die aufgenommenen Stoffe in das angrenzende immer zartwandige Parenchym geführt, von wo aus sie vorwiegend durch das Cambium, dann aber auch bei vielen Pflanzen durch das Parenchym selbst in die höheren Pflanzentheile hinauf wandern. Die Aufnahme kann nur durch die jüngsten Theile der Wurzel erfolgen, weil die Epiblemazellen an den älteren Wurzeltheilen impermeabel geworden oder gar gänzlich verschwunden sind.

Die aufnehmenden Organe für die flüssigen Stoffe sind also, wie gesagt, bei den Landpflanzen die Epiblemazellen mit den Wurzelhaaren; als aufnehmende Organe für die gasförmigen Stoffe stellen sich uns die Blätter dar, welche gleichzeitig auch der Sitz der Assimilation, d. h. der Umwandlung anorganischer Stoffe in organische sind.

Die vorstehende anatomische Uebersicht hat uns eine bedeutende Verschiedenwerthigkeit der Zellenpartien erkennen lassen und wir werden nun zu untersuchen haben, in welchen Beziehungen die einzelnen Gewebe zu der Stoffwanderung stehen. Da die complicirten anatomischen Verhältnisse der höheren Pflanzen die Darstellung der Stoffwanderung leicht verwirren, so will ich zunächst nur die einfachsten Gewebeformen in Betracht ziehen, nämlich das Parenchym und das Cambium oder die einfachen dünnmembranigen Leitzellen, welche letztere sich zu einem Leitzellenstrange gestalten, welcher die Pflanze von unten nach oben durchzieht. Wir können uns also eine Pflanze denken, in der die beiden genannten Gewebeformen die einzigen sind, etwa ein Laubmoos oder eine Wasserpflanze ohne Gefässe. Freilich werde ich manchmal auch auf die complicirteren Pflanzen übergehen müssen, weil die meisten anatomischen und physiologischen Beobachtungen über die Stoffwanderung gerade an solchen Pflanzen gemacht wurden, bei welchen die Verhältnisse am verwickeltsten sind.

Die Stoffwanderung in einfachen Leitzellen und im Parenchym.

Die Wasserströmungen. Die Blätter und die grüngefärbten mit Spaltöffnungen versehenen Theile der Pflanze verdunsten Wasser; dasselbe wird durch die Wurzeln wieder aufgenommen. Die verdunstenden Zellen sind diejenigen, welche an den Athemhöhlen und Luftgängen in den Blättern und in der Rinde (bei jungen krautigen Pflanzen) liegen. Indem das Wasser aus den verdunstenden Zellen fortgeht, wird der Inhalt derselben concentrirter und die concentrirtere Zellenflüssigkeit veranlasst eine ausgleichende Wasserströmung aus den benachbarten Zellen; indem durch den Wasserverlust in diesen dieselben Vorgänge wie in den verdunstenden Zellen eintreten und so immer weiter die eine Zelle zurückwirkt auf die mehr nach unten, in der axialen Richtung der Pflanze liegenden, (also aus den Blättern durch den Blattstiel in den Stengel und von hier in die Wurzel) wird eine Diffusionsströmung des Wassers in der umgekehrten Richtung, aus der Nahrungsflüssigkeit in die Wurzelhaare, von hier in die Wurzel und weiter in den Stamm und durch die Blattstiele in die Blätter veranlasst.

Gleichzeitig neben der Concentrationsdifferenzirung tritt auch eine Veränderung in den Spannungsverhältnissen der Zellen ein, welche auf die Wanderung des Wassers durch die Pflanze von bedeutender Einwirkung ist. Die eiweissreichen Zellen nehmen soviel Wasser auf, dass ihre Membrane sich in einem gewissen Zustande von Spannung befinden. In diesem Zustande vermag die endosmosische Wasserströmung eben keine bedeutende mehr zu sein, es tritt nur wenig Wasser in die Zellen ein. In den verdunstenden Zellen der Blätter ist die Spannung immer geringer wie in den tiefer liegenden Zellen, welche nicht verdunsten; in die weniger gespannten Zellen, welche beständig Wasser verdunsten, tritt aus den benachbarten stärker gespannten Zellen Wasser ein, d. h. die Eiweissstoffe der weniger gespannten Zellen machen die Diffusion des Wassers aus den stärker gespannten Zellen leicht, dazu kommt noch, dass der in den stärker gespannten Zellen wirkende Druck auf die exosmosische Wasserströmung beschleunigend wirkt und die Wasserströmung nach den verdunstenden Zellen befördert. Dieselben Verhältnisse, welche sich zwischen den verdunstenden Zellen und den an sie angrenzenden Zellen finden, treten auch überall zwischen den aneinandergrenzenden Zellen auf, von welchen die eine in der Richtung zu den Wurzelhaaren (der Nahrungsflüssigkeit) und die andere in der Richtung zu den verdunstenden Zellen liegt, d. h. während in der Richtung zu den verdunstenden Zellen beständig Wasser fortgeht und der Druck in den Zellen vermindert wird, tritt aus den gespannteren Zellen in der Richtung von den Wurzelhaaren her Wasser in die minder gespannten Zellen ein. Durch Diffusion, unterstützt durch den Druck in den Zellen und die daraus hervorgehende Spannung der Zellenmembrane, bewegt sich eine moleculare Wasserströmung von den Wurzelhaaren durch die Pflanze zu den verdunstenden Zellen der Blätter.

Es fragt sich nun, durch welche Zellenpartie diese Wasserströmung geht. Es ist leicht einzusehen, dass zu einer solchen Strömung diejenigen Zellen am meisten geeignet sind, welche die permeabelsten und elastischesten Membrane besitzen und deren Inhalt reich ist an eiweissartigen Stoffen. Diese Eigenschaften findet man bei der Moospflanze hauptsächlich an den cambialen Leitzellen. Dünnwandig wie sie sind, gestatten sie dem Wasser einen leichten Durchgang und besitzen eine höhere Elasticität der Membran, was aber von den Zellen des Parenchyms, deren Mem-

brane weit dicker sind (auf deren innere Membranwand Zellstoffschichten abgelagert sind) nicht zu sagen ist; auch besitzen die Cambiumzellen in ihrem Inhalte eine weit eiweissstoffreichere Flüssigkeit wie die Parenchymzellen und sind dadurch mehr zur Wasserdiffusion und zu den Spannungsveränderungen in Folge endosmosischer und exosmosischer Wasserströmungen geeignet. Wir haben also die cambialen Leitzellen als den hauptsächlichsten Weg für die Wanderung des Wassers durch die Moospflanze anzusehen. Ausserdem spricht hierfür aber auch die Gestalt der cambialen Leitzellen selbst; sie sind in axialer Richtung gestreckt und nach phytonomischen Gesetzen erfolgt die Streckung einer Zelle, d. h. ihre Längsausdehnung, in derjenigen Richtung, in welcher die stärksten Diffusionsströmungen durch die Zellen gehen, die bei der Pflanze gerade die Wasserströmungen sind. *)

Wenn ich vorhin sagte, dass die cambialen Leitzellen oder der Leitzellenstrang der hauptsächlichste Weg für die aufsteigende Wasserströmung sei, so wollte ich damit andeuten, dass er nicht der ausschliessliche Weg sei: denn es lässt sich nicht in Abrede stellen, dass auch im Parenchym eine nach oben gehende Wasserströmung existiren könne. Wird der Inhalt der verdunstenden Zellen concentrirter, so wird diese Concentrationsdifferenzirung auch auf die Parenchymzellen des Blattes und von diesen aus auf die Parenchymzellen des Stengels wirken und eine Wasserströmung durch die Parenchymzellen zu den verdunstenden Zellen veranlassen, eine Strömung, die freilich wegen der dickeren Membranwände und dem geringeren Eiweissgehalte dieser Zelle nicht sehr bedeutend sein kann. In den Parenchymzellen scheint die Wasserströmung allein auf die Diffusion in Folge der Concentrationsdifferenzirung beschränkt zu sein, weil Spannungsveränderungen hier weniger möglich sind wie in den Cambiumzellen. Was die Hemmung der Wasserströmung durch die dickeren Membranwände der Parenchymzellen betrifft, so möchte ich derselben keine besondere Bedeutung zuschreiben, denn wie ich früher (S. 49) gezeigt habe, erleidet die Wasserströmung keine oder doch nur eine geringe Verlangsamung in dickeren Membranwänden, während die Diosmose der gelösten Stoffe bedeutend verlangsamt wird.

Die Wanderung der mineralischen Nährstoffe findet

*) Vergleiche mein früher genanntes Werk über Diffusion und zwar den Anhang „die Diffusion in ihren Beziehungen zur Phytonomie."

hauptsächlich von den Wurzelhaaren aus nach den Assimilationsorganen statt; wir werden später sehen, dass in den Blättern der Sitz der Assimilation ist. Die in der Nahrungsflüssigkeit enthaltenen, überhaupt in die Wurzeln eingetretenen Stoffe wandern zunächst in der Pflanze dahin, wo die Zellflüssigkeit niedriger in Bezug auf sie concentrirt ist als in den Wurzeln, selbstverständlich soweit die Zellenmembrane permeabel genug sind, um die gelösten Stoffe durchpassiren zu lassen. In dem Sitze der Assimilation wechseln die Nährstoffe ihre Form, sie nehmen eine andere Form an, als in welcher sie von unten herauf diffundirt sind; in Folge dessen nimmt die Concentration in Bezug auf die metamorphosirten Stoffe ab und neue Mengen derselben wandern dem Assimilationssitze zu. Es muss also eine beständige Wanderung der mineralischen Nährstoffe von den Wurzeln zu den Blättern zugegen sein, wenigstens so lange wie die Assimilation dauert. Fragen wir nach dem Wege, auf welchem diese Stoffe wandern, so sagen uns die Diffusionsgesetze, dass es hauptsächlich diejenigen Zellen sein werden, welche die dünnwandigsten und permeabelsten Membrane haben. Ich habe früher gezeigt, dass die gelösten Stoffe um so langsamer und schwerer durch eine Membran hindurch gehen, als sie dickwandiger ist (vergl. S. 49); in der Pflanze wird sich dies eben so verhalten, wie in dem Experimente. Wir werden deshalb die Leitzellen und besonders die cambialen Leitzellen als dasjenige Pflanzengewebe zu betrachten haben, durch welches die mineralischen Stoffe von der Wurzel nach den Blättern diffundiren — so verhält es sich wenigstens bei den Moosen. Die Parenchymzellen sind dickwandiger wie die cambialen Zellen, sie setzen der Wanderung der gelösten Stoffe nicht unbeträchtliche Hindernisse entgegen. Handelt es sich darum, die in den Blättern oder in deren assimilirenden Zellen entstandenen Concentrationsstörungen auszugleichen, so werden die gelösten Stoffe natürlich von da aus am ehesten genommen werden, wo sie am leichtesten diffundiren; d. h. die assimilirenden Zellen nehmen die consumirten Stoffe zunächst aus dem Leitzellenstrange des Blattes, wohin sie von der Wurzel aus durch den Leitzellenstrang des Stengels am leichtesten diffundiren.

Von dem Leitzellenstrange diffundiren die mineralischen Stoffe auch in die Parenchymzellen seitlich, besonders wenn sie dort

auf irgend eine Weise aus der Lösung ausgeschieden werden. In dem Parenchym z. B. sind in der Regel organische Säuren zugegen, welche sich mit Kalk zu unlöslichen Salzen verbinden; sind solche daselbst nun vorhanden, so diffundirt der gelöste kohlensaure Kalk aus dem Cambium nach den Parenchymzellen hin und indem er sich mit den Säuren verbindet, wird er aus der Zellflüssigkeit ausgeschieden; so lange wie aber im Parenchym der Kalk aus der Lösung ausgefällt wird, muss er aus dem Cambium dahin diffundiren; es muss eine Concentrationsausgleichung stattfinden. Diese Vorgänge können auch an anderen Stoffen sich zeigen, freilich aber nur dann, wenn die Parenchymzellen in Diffusion gestattendem Zusammenhange mit dem Leitzellenstrange stehen.

Werden in dem Assimilationsprocesse in den Blättern mineralische Stoffe frei, welche in Wasser löslich sind, oder haben die mineralischen Stoffe in dem Assimilationsprocesse ihre Function verrichtet und sind dabei löslich geblieben, so diffundiren sie aus dem Blatte wieder in den Stengel zurück, um nach anderen Orten in der Pflanze hinzuwandern, selbst würden sie sogar aus der Pflanze wieder hinausdiffundiren können. Denken wir uns, es träte phosphorsaures Kali in die Pflanze ein und würde in den Blättern assimilirt, wobei sich kohlensaures Kali bilde, so würde natürlich dieses kohlensaure Kali aus den Blättern wieder in den Stengel, in dessen Zellflüssigkeit es in niedrigerer Concentration zugegen ist, zurückdiffundiren, um sich weiter in der Pflanze zu verbreiten, wobei es unter Umständen, wenn nämlich die Nahrungsflüssigkeit in Bezug auf kohlensaures Kali niedriger concentrirt ist wie die Zellflüssigkeit der Wurzelzellen, aus der Pflanze hinausdiffundiren wird. Auf diese Weise können aus den Blättern mineralische Stoffe nach den sich entwickelnden Samen, nach dem Parenchym des Markes (bei höheren Pflanzen) u. s. w, hinwandern. Bei derartigen Wanderungen mineralischer Stoffe ist der Leitzellenstrang der hauptsächlichste Weg, weil die dünnmembranigen Cambium- und Leitzellen die Stoffe am leichtesten hindurchgehen lassen.

Die cambialen Zellen (der Leitzellenstrang) sind in den Moospflanzen als der vorherrschende Weg bei der Wanderung der mineralischen Stoffe zu betrachten.

Wenn man die Diffusionsgesetze oberflächlich ansieht, so könnte man zur Ansicht kommen, dass die Zellflüssigkeit durch die ganze Pflanze, wenigstens so weit wie die Zellen mit einander in Diffu-

sion gestattendem Zusammenhange stehen, in Bezug auf die gelösten Stoffe gleich concentrirt sei, und dass ihre Concentration der Concentration der Nahrungsflüssigkeit gleich sei. Soweit wenigstens wie gut permeable Zellen mit einander und mit der Nahrungsflüssigkeit in Verbindung stehen, scheint diese Ansicht unzweifelhaft richtig zu sein, also wohl für die Leitzellen, so lange als die Nahrungsflüssigkeit Stoffe genug enthält, um der Assimilation in den Blättern zu genügen; so lange wie z. B. die Nahrungsflüssigkeit oder Bodenlösung phosphorsaures Kali enthält, wird es in dem Zellsafte des Leitzellenstranges und in der Nahrungsflüssigkeit in gleicher oder doch nahezu gleicher Concentration enthalten sein, weil es ausgleichend überall hin diffundirt, wo die gleiche Concentration gestört wird; würde der Nahrungsflüssigkeit und dem Boden alles phosphorsaure Kali entzogen sein, während die Assimilation noch fortdauert, so wird zuerst die Wurzel und der Leitzellenstrang im unteren Theile des Stengels, später das ganze Leitzellenbündel frei von phosphorsaurem Kali werden, weil es von den assimilirenden Zellen allmälig angezogen wird. Ein Parenchym, dessen Zellen in höherem Grade permeabel sind, wird ebenfalls die gelösten mineralischen Stoffe in derselben Concentration enthalten wie das Cambium; da aber, wo die Parenchymzellen weniger permeabel sind, dürfte die Concentration niedriger sein, wie in dem Cambium. Denken wir uns, in dem Paremchym würden die aus den Leitzellen herüber diffundirten Stoffe unlöslich ausgeschieden, so kann die Dickwandigkeit der Membrane die Ausgleichung der gestörten Concentration derart verlangsamen, dass in dem Parenchym eine niedrigere Concentration des ausgeschiedenen Stoffes beständig zugegen ist. Werden in dem dickmembranigen Parenchym mineralische Stoffe frei, welche sehr wenig diffusibel sind, so kann die Zellflüssigkeit in Bezug auf diese Stoffe höher concentrirt sein, wie die Zellflüssigkeit in den Leitzellen, weil die Stoffe nicht oder nur langsam in die letzteren hinüberdiffundiren. In einem solchen Falle würden die betreffenden Stoffe aber auch innerhalb des Parenchyms nur sehr schlecht von einem Orte zum anderen diffundiren, sie würden in den Zellen, worin sie frei werden, zum grössten Theile verbleiben.

Nicht weniger wie die verschiedene Permeabilität der Gewebepartien kann auch die verschiedene Diffusibilität der gelösten Stoffe eine Ungleichheit der Concentration der Zellflüssigkeit bewirken;

während der eine leichtdiffundirende Stoff in allen Geweben sich in gleicher Concentration befindet, kann ein anderer schwer diffusibler in dem einen Gewebe in weit niedriger Concentration vorhanden sein, wie in anderen, kann auch in dem einen Gewebe ganz fehlen. Die Frage, ob in den sämmtlichen Geweben einer Pflanze die mineralischen Stoffe sich in gleicher Concentration vorfinden, lässt sich nicht allgemein beantworten, man muss dabei die Permeabilität der Zellen oder Zellenpartien und die Diffusibilität der gelösten Stoffe in Betracht ziehen.

Die Wanderung der organischen Stoffe. Wenn die Blätter der Sitz der Assimilation sind, so müssen die daselbst neugebildeten organischen Substanzen nach dem Stengel hindiffundiren und sich in diesem nach den verschiedenen Seiten verbreiten. Bei der Wanderung der organischen Stoffe tritt die Verschiedenwerthigkeit der Zellen ganz auffallend hervor, das eine Gewebe führt vorwiegend eiweissartige Stoffe, während in dem anderen sich die Kohlenhydrate, Säuren u. s. w. verbreiten.

Wie Julius Sachs*) evident nachgewiesen hat wird in den Chlorophyllzellen des Blattes die erste organische Form, die zunächst als Kohlenhydrate auftritt, gebildet; das erste, was mikroscopisch nachgewiesen werden kann, ist die Stärke. Diese, die Stärke, findet sich in den Chlorophyllzellen fast ausschliesslich in Gestalt von Körnchen; in fein vertheilter oder aufgelöster Form wird sie nicht oder vielleicht nur selten gefunden. Die Stärkekörnchen als solche sind nicht diffusibel und ob die Stärke in äusserst geringer Menge sich in Wasser lösen kann, ist bis jetzt nicht ausgemacht. Wir sehen bei höheren Pflanzen nun aber die Stärkekörnchen, welche unter gewissen Umständen zuerst nur in den Chlorophyllzellen auftreten, später auch in dem Parenchym des Blattstengels oder vielmehr in einer, das Leitzellen- oder Gefässbündel der Blattnerven umgrenzenden Zellenschicht vorhanden, (dies gilt für höhere Pflanzen) worauf sie dann auch in dem Parenchym des Stammtheiles auftreten. Es muss demnach eine Wanderung der Stärke aus den Chlorophyllzellen des Blattes in das Parenchym des Stammes stattgefunden haben, da nun aber die Stärke ganz oder doch fast unlöslich, auch nur als Körnchen erscheint,

---

*) Annalen der Landwirthschaft in den Königl. Preuss. Staaten. 1862. IV. und V. Heft, S. 418.

welche nicht durch Zellhäute hindurchgehen können, so kommt uns die Wanderung derselben etwas räthselhaft vor. Julius Sachs stellt sich diese Wanderung folgendermaassen vor. Haben sich in den Chlorophyllzellen Stärkekörnchen gebildet, so wird ein Theil derselben aufgelöst, wobei die Stärke in einer chemisch veränderten Form, in welcher sie die Reaction der Stärke (Blaufärbung durch Jod) verloren hat, auftritt; diese gelöste Stärkemodification, wie wir dieselbe vorläufig nennen wollen, diffundirt in die benachbarte Zelle und wird dort wieder in Körnchenform ausgeschieden; die Wanderung von Zelle zu Zelle soll dann eine Wiederholung dieses Processes sein. Ich stelle mir die Sache anders vor. In den Chlorophyllzellen bildet sich zuerst jene gelöste und lösliche Stärkemodification — Amylogen —; dieselbe ist in Wasser nur in sehr geringer Menge löslich, und sobald wie sie sich einigermassen in der Zellflüssigkeit anhäuft, wird sie ausgeschieden und bildet sich unter Umwandlung in gewöhnliche Stärke zu Körnchen aus. Aus den Chlorophyllzellen wandert die gelöste Stärkemodification von Zelle zu Zelle weiter, und überall wo sie sich in dem Zelleninhalte anhäuft wird sie in Körnchenform ausgeschieden. Den Weg, welchen die gelöste Stärke zurücklegt, bezeichnet sie durch Hinterlassung von Stärkekörnchen. Man darf sich nun aber nicht vorstellen, als sei diese Stärkeausscheidung eine Krystallisation oder die Ausscheidung einer amorphen Substanz, es bilden sich im Gegentheil organisirte Gebilde. Das Stärkekorn besteht aus sehr feinen Häutchen, welche die eigentliche Stärkesubstanz umschliessen. Die Bildung des Stärkekorns geschieht auf die Weise, dass die gelöste Stärkemodification die sehr permeablen Häutchen des Stärkekorns durchdringt und innerhalb des Korns sich ablagert. Es scheint nun, dass sich in einer Zelle die Stärke bis zu einem gewissen Grade anhäufen muss, um die Bildung von Stärkekörnchen zu veranlassen.

Julius Sachs fand, dass bei vielen Pflanzen die Stärkekörner sich in einer die Gefässbündel umgebenden Schicht — Stärkeschicht — finden, wärend sie in den anderen Zellen des Gefässbündels nicht zugegen und häufig auch nicht in dem Parenchym selbst aufzufinden sind. Bei vielen Pflanzen häufen sich die Stärkekörner jedoch im Rinden- und Markparenchym an. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass, wenn nur wenig Stärke gebildet wird oder wenn viel Stärke in andere Stoffe umgewandelt wird, nur in der

Stärkeschicht sich Stärkekörner finden, dass aber in anderen parenchymatischen Geweben des Stammes, der Fruchtorgane (Cerealien), der Wurzel und des unterirdischen Stammes (Kartoffeln, Tombinambur, Orchisknollen) Stärke in Körnerform sich ausscheidet, wenn sie sich in der Pflanze anhäuft. Das Vorkommen der Stärke in der Stärkeschicht gab J. Sachs die Veranlassung zu der Ansicht, dass die Zellen dieser Schicht es hauptsächlich seien, welche der Stärkewanderung dienen; wenn die Stärke in parenchymatischen Zellen auftrete, soll dieselbe auch in dem Parenchym wandern; eine Wanderung derselben in den Leitzellen der Gefässbündel soll nach ihm nicht wahrscheinlich sein. Es würde diese ausgesprochene Ansicht ihre Richtigkeit haben, wenn die Stärkewanderung so stattfinde, wie sie Sachs sich denkt, wesentlich anders müsste sich die Sache aber gestalten, wenn die oben ausgesprochene Ansicht richtig wäre, dass nämlich die Stärke in einer Modification wandert, in welcher sie durch die Stärkereaction — Blaufärbung durch Jod — nicht erkannt werden kann, und die Stärkekörner nur da sich bilden, wo die gelöste Stärkemodification sich ansammelt. Es würde alsdann das permeabelste Gewebe, die Leitzellen, auch für die Stärke als der hauptsächlichste Diffusionsweg anzusehen sein. Freilich wurde in denselben niemals oder doch höchst selten Stärkemehl gefunden, und wo es gefunden wurde, war es in äusserst feinkörniger Form zugegen. Man sollte nun meinen, dass in den Leitzellen ebenfalls Stärke abgeschieden werden müsse, wenn sie in ihrer löslichen Modification darin vorkomme oder wenn sie sich gar darin anhäufe. Es könnten nun aber Umstände zugegen sein, welche die Abscheidung und Körnerbildung der Stärke verhindern: man könnte sich vorstellen, dass die reichlich daselbst vorhandenen Eiweissstoffe sich mit der Stärke zu einer schleimigen Masse verbinden, aus welcher die Abscheidung oder Bildung von Häutchen, wie sie zur Stärkebildung nöthig sind, nicht möglich ist, dass aus dieser Masse aber die Stärke auf nahegelegene Parenchymzellen diffundirt, woselbst erst die Körnerbildung eintreten kann; auch könnte man sich denken, dass eine gewisse Ruhe in der Zellflüssigkeit vorhanden sein müsse, um die Ausscheidung der Stärke zu ermöglichen, Zustände, welche in den Leitzellen, die sich durch eine lebhafte Molecularbewegung ihres Inhaltes in Folge des aufsteigenden Wasserstromes auszeichnen, nicht zugegen sind. Nur zuweilen findet man Stärkekörner in den

Leitzellen; so fand J. Sachs dieselben in den Leitzellen des Blattstieles von Aesculus Hypocastanum, Morus alba und Vitis vinifera zur Zeit als die Blätter sich entleerten und eine massenhafte Wanderung der Stärke aus den Blättern stattfand. Ebenso fand Sachs Stärke in den grossen Gitterzellen des Stammes von Dahlia und in den Leitzellen von Tombinambur.

Vielleicht giebt das Verhalten der Stärke in den Schmarotzerpflanzen und ihren Nährpflanzen einige Anhaltspunkte über Wanderung derselben. Bei Orobanche wächst eine Nebenwurzel des Klees in den Bulbus des Schmarotzers hinein; während der Blüthe desselben findet man nun in der Kleewurzel keine oder nur sehr vereinzelte Stärkekörnchen, wohingegen in dem Parenchym der Orobanche Stärkekörnchen in grösster Menge zugegen sind. Weshalb hat sich aber in den Geweben der Wurzel keine Stärke abgelagert, in welchen doch das stärkebildende Material in grösserer Menge zugegen sein musste? Sollte man da nicht annehmen dürfen, dass die durch starke Verdunstung durch die Blätter veranlasste lebhafte Molecularbewegung in den Geweben des Klees die Bildung der Stärkekörner verhindere, wohingegen diese in dem Gewebe der blattlosen Orobanche stattfinden kann, in welchem die Molecularbewegungen jedenfalls sehr schwach sind, weil eben die Verdunstung äusserst schwach ist? Aehnlich verhält sich die Sache auch bei Cuscuta. Die Annahme, dass in den Geweben der Nährpflanze des Schmarotzers eine grössere Menge der gelösten Stärkemodification diffundire und zu dem Schmarotzer hinwandere, hat viel Wahrscheinlichkeit für sich, und weshalb soll nun diese diffundirende Substanz nicht ebenso gut und viel leichter in den mehr permeablen Zellen des Leitzellenbündels diffundiren, als in den offenbar weniger permeablen Zellen des Parenchyms?

Sollte es nun nachgewiesen werden, dass eine gelöste Stärkemodification in den Leitzellen wandere, so ist damit die Wanderung in den Parenchymzellen noch nicht unmöglich gemacht. Ebenso gut wie andere gelöste Stoffe in dem Parenchym diffundiren, wird dies auch die Stärke thun. Die Wanderung durch das Parenchym wird aber um so leichter und um so ergiebiger sein, als die Membran der Parenchymzellen dünnwandiger und permeabler ist. In den Knollen der Kartoffeln sehen wir die Stärke viele Schichten von Parenchymzellen durchwandern; hier ist die Stärkewanderung eine äusserst leichte, denn diese Zellen sind dünnmembranig und sehr permeabel. Bei

den meisten Zellen hingegen sind die Parenchymzellen des Stengels dickwandig und von Porenkanälen durchbrochen; auch in diesen Zellen kann eine Wanderung der Stärke stattfinden, man muss sich aber nicht vorstellen, dass dieselbe unter solchen Verhältnissen eine ergiebige sei. Wenn die Stoffwanderung auf die Diffusion durch Porenkanäle angewiesen ist, so ist sie gewiss sehr beschränkt und langsam, es sei denn, dass die Porenkanäle sehr weit sind. Die Dicke der Membranwand und die Weite der Porenkanäle werden darüber entscheiden, ob das Parenchym eines Stengels besonders zur Diffusion der Stärke geeignet ist. Wenn dieses der Fall, so wandert die lösliche Modification aus dem Blatte ebenso gut durch das Parenchym des Stengel als auch durch die Leitzellen und lässt in ersterem in Körnerform ausgeschiedene Stärke zurück.

Ich stelle mir die Stärkewanderung folgendermaassen vor — eine Ansicht, die indess nur hypothetisch hingestellt wird und auf die Voraussetzung gegründet ist, dass es eine gelöste Modification der Stärke giebt —: In den Chlorophyllzellen entsteht eine gelöste Stärke — nennen wir es Amylogen oder Amidulin — diese diffundirt aus den Chorophyllzellen in die dünnmembranigen Blattzellen, welche als Uebergangszellen zum Cambium des Blattleitzellenbündels anzusehen sind; von hier wandert sie in den Leitzellen durch den Blattstiel in den Stengel. Bei Pflanzen, deren Parenchymzellen der Diffusion wenig Hindernisse in den Weg setzen, wird auch eine Wanderung der gelösten Stärkemodification durch das Parenchym stattfinden. Bei den allermeisten Pflanzen aber ist die Wanderung der Stärke, in der axialen Richtung der Pflanze, durch die Leitzellen, deren Membrane dünnwandig sind oder sonst die Diffusion sehr erleichtern und, wie andere Stoffe, auch die gelöste Stärke am leichtesten diffundiren lassen, am hervorragendsten. Von den Leitzellen aus findet eine seitliche Wanderung in das Parenchym statt und gelangt hier unter günstigen Umständen zur Ausscheidung. Bei vielen Pflanzen werden sich zuerst in dem das Leitzellenbündel umgebenden Parenchym — Stärkeschicht — Körner bilden, bei vielen anderen füllt sich das Parenchym mit Stärkekörner an.

Wenn an irgend einem Punkte in der Pflanze eine besonders starke Ablagerung von Stärke oder eine massenhafte Umwandelung derselben stattfindet (in den Samen, in den Wurzeln und Knollen), so wandert sie nach diesen Stellen hin, und wenn sie vorher so

massenhaft erzeugt wurde, dass sie sich im Stengel-Parenchym ablagerte, so löst sie sich wieder auf, um mit an der Wanderung Theil nehmen zu können. Diese Ablagerung von Stärke in einzelnen Organen der Pflanze deutet darauf hin, dass ihre Wanderung ebenfalls den Gesetzen der Diffusion unterliegt, dass sie in gelöstem Zustande diffundiren muss. Die Wanderung nach einem solchen Orte können wir uns nämlich nur dadurch erklären, dass an demselben die Stärke aus der Lösung ausgeschieden und dadurch eine Concentrationsdifferenzirung hervorgerufen wird, welche eine fortdauernde Diffusion nach diesem Orte veranlasst. Vorläufig kennen wir keine andere Ursache der Wanderung von Stoffen nach einem Punkte. Wenn die zur Zeit im Parenchym angehäufte Stärke sich wieder auflöst, so bleibt häufig in der das Leitzellenbündel umgebenden Parenchymzellenschicht — Stärkeschicht — gekörntes Stärkemehl zurück, und scheint dies oftmals, vorzüglich bei den Monokotyledonen, darin seinen Grund zu haben, dass die Membran dieser Zellen sich verdickt und verholzt, die Permeabilität der Membran schwächer geworden ist und dadurch die Stärke den lösenden Diffusionsströmungen mehr oder weniger entzogen ist. Erst langsam, oft erst spät oder gar nicht, tritt die an diesem Orte abgelagerte Stärke in Auflösung; daher kommt es, dass wir in der Stärkeschicht noch gekörnte Stärke finden, wenn sie anderwärts aus dem Parenchym schon verschwunden ist.

Die nächste Zeit wird also zu entscheiden haben, welche Theorie von der Stärkewanderung die richtige ist. Ich muss bekennen, dass die Theorie von J. Sachs die anatomischen Ergebnisse am besten und leichtesten erklärt, wohingegen die oben von mir vorgetragene Theorie, welche sich der von Johannes Hanstein nähert, mehr mit den übrigen Diffusionserscheinungen in der Pflanze übereinstimmt. Für die Praxis hat diese Frage keinen besonderen Werth, da nach den schönen Untersuchungen von J. Sachs die Wanderung der Stärke an und für sich ausser Zweifel gestellt ist.

Nach den vorstehenden Erörterungen dürfte es vorläufig als wahrscheinlich anzusehen sein, dass die Stärke, wie alle anderen diffundirenden Stoffe, sich besonders dahin bei ihrer Wanderung wendet, wo sie die dünnmembranigsten Zellen findet, und das ist bei der Mehrzahl der Pflanzen das Leitzellenbündel. Wo das Parenchym, besonders der Stamm- und Stengeltheile, dünnwandig oder mit weiten Porenkanälen versehen ist, da wird die Stärke

ebenfalls durch dieses wandern und unter günstigen Umständen in grösserer Menge zur Abscheidung gelangen; bei Pflanzen mit dickwandigem Parenchym wird die Wanderung der Stärke in ihrer gelösten Form hauptsächlich auf die Diffusion durch die Leitzellen fallen, um zu dem Orte ihres Stoffwechsels oder ihrer Ablagerung zu gelangen. Man könnte hierfür auch noch eine Bestätigung in dem Umstande finden, dass dasjenige Parenchym, in welchem sich Stärke in grösserer Menge findet, ziemlich dünnwandige Zellen besitzt, wohingegen Parenchym mit dickwandigen Zellen und kleinen Porenkanälen sehr häufig nur wenig Stärke besitzt. Man darf hierbei aber nicht ausser Augen lassen, dass manches dickwandige stärkereiche Parenchym vor der Verdickung seiner Wanderungen viel Stärke aufgenommen haben kann, die nach den Verdickungen nur unter den günstigsten Umständen sich wieder auflöst.

Wenn ich annehme, dass in dem Cambium Stärke vorkomme, so bin ich mit dieser Ansicht indess noch weit von dem Urbildungssafte Hartig's entfernt, in welchem die einzelnen organischen Stoffe nicht als solche zugegen sein sollen, sondern aus dem dieselben sich erst an dem Orte ihrer Abscheidung bilden, d. h. es sollen in dem Universalbildungssafte keine Stoffe vorgebildet sein und dieselben sich erst an dem Orte der Ablagerung hervorbilden. Ich sehe den Cambialsaft als ein Gemisch der verschiedensten nach oben und unten diffundirender organischer und unorganischer Stoffe an; ein jeder dieser Stoffe ist in einer eigenen Diffusionsströmung begriffen, die ihn nach dem Orte seiner Consumtion oder seiner Ablagerung führt.

Dass Concentrationsdifferenzirung die Ursache der Wanderung der Stärke ist, brauche ich wohl nicht erst zu erörtern. Hat sich in den Chlorophyllzellen Stärke gebildet und befindet sich diese in Auflösung, so hat sie natürlich das Streben nach allen Seiten hin zu diffundiren, wo sie in der Zellflüssigkeit fehlt oder in niedrigerer Concentration wie in den Chlorophyllzellen enthalten ist; auf diese Weise wandert sie durch die ganze Pflanze. Bei der Keimpflanze wird die im Samen oder in der Knolle (bei der Kartoffel z. B.) abgelagerte Stärke aufgelöst und wandert in die sich entwickelnde Keimpflanze hinein. Wenn an irgend einem Orte Stärke, d. h. die lösliche Stärkemodification beständig in andere Formen verwandelt wird und aus der Lösung als solche verschwindet, so diffundirt von andern Seiten beständig Stärke nach dieser Stelle hin um die

dort entstehende Concentrationsdifferenzirung auszugleichen — bei der Zuckerbildung in den Runkelrüben z. B.

Der Zucker gehört zu den diffusibelsten organischen Stoffen, er wird überall dahin diffundiren können, wo Stärke und mineralische Stoffe diffundiren; es ist also auch wohl nicht zu bezweifeln, dass er in den permeabelsten Zellen der Pflanze, in den Leitzellen diffundiren kann. Sehr selten wird jedoch der Zucker in grösserer Menge in dem Safte der Leitzellen gefunden, nur da ist er in der Regel zugegen, wo eine lebhafte Zellenbildung stattfindet. Sein Fehlen in den Leitzellen darf aber nicht dahin gedeutet werden, dass er in denselben nicht diffundiren könne, denn es ist, wie gesagt, nicht abzusehen, dass die Membran der Leitzellen, welche dem Eiweiss und den mineralischen Stoffen kein Hinderniss in den Weg setzt, den leichtdiffusiblen Zucker nicht passiren lassen werde. Nicht auf Impermeabilität gegen Zucker ist das Nichtvorhandensein des wandernden Zuckers in dem Cambium zurückzuführen, sondern wenn er im Parenchym auftritt, auf eine Abschliessung des Leitzellenbündels gegen das Parenchym, herbeigeführt durch impermeable oder wenig permeable Zellenschichten zwischen beiden Geweben, luftführende Gefässe, verholzte Zellen u. s. w., Zustände, die bei allen Pflanzen mit geschlossenen Gefässbündeln — Monokotyledonen — zugegen sind. Dazu kommt übrigens auch noch, dass bei den meisten Pflanzen der Zucker nicht als wanderndes Kohlenhydrat angetroffen wird, sondern dass die Stärke dieses ist und diese an den Stellen, wo wir Zucker finden, eine Umwandlung in solchen erlitten hat. Bildet sich in einem vom Leitzellenbündel abgeschlossenen Parenchym Stärke in Zucker um, so wird der Zucker im Parenchym wandern, ohne in grösserer Menge in das Cambium zu gelangen.

Diesen Verhältnissen, der Abschliessung des Leitzellenbündels von dem Parenchym, ist bei Betrachtung der Stoffwanderungswege in der Pflanze eine besondere Beachtung zu schenken, um so mehr, als dieselbe häufig verkommt. Durch sie werden die Stoffwanderungswege scharf abgegrenzt, besonders wenn die impermeablen oder diffusionsunfähigen (luftführenden) Zellenschichten nicht von querleitenden Zellen (Markstrahlen) durchbrochen sind und die beiden Gewebeformen nicht wieder in Verbindung gebracht werden. Die aus der Wurzel in die Leitzellen gelangenden Stoffe diffundiren nach oben in die Blätter und Stammenden — Terminal-

knospe, Samen —, ohne seitlich in das Parenchym zu diffundiren. Aus den Blättern diffundiren Stoffe in das Parenchym, welche von hier aus nicht auf das Leitzellenbündel gehen und innerhalb des Parenchyms sich verbreiten. Die im Parenchym sich bildenden Stoffe sind von der Diffusion in's Leitzellenbündel ausgeschlossen. Andere Stoffe diffundiren aus den Blättern durch die Leitzellenbündel zu den Sitzen der Zellenvermehrung, ohne besonders auf das Parenchym überzugehen.

Von den eiweissartigen Stoffen scheint nur das Eiweiss diffusionsfähig zu sein und auch dieses nur in einem sehr geringen Grade. Vor allen anderen Stoffen ist gerade das diffundirende und wandernde Eiweiss auf die permeabelsten Zellen angewiesen, und wir finden es deshalb auch fast nur in dem Leitzellenbündel. Es ist kaum zu beweifeln, dass das Eiweiss in den Blättern gebildet wird; von hier aus muss es durch die Pflanze wandern, um zum Orte seiner Consumtion, oder zu dem Orte lebhafter Zellenbildungsthätigkeit zu gelangen. Es wandert von den fertig gebildeten und assimilirenden Blättern in den Stamm, in diesem zu den fortbildungsfähigen Geweben an den Enden des Stammes oder Stengels, zu der Terminal-Knospe, den jungen in Entwicklung begriffenen Blättern, zu dem Samen, und zu dem fortbildungsfähigen Gewebe an der Wurzelspitze. Bei der Keimpflanze wandert es ebenso, aus dem Cotyledon oder dem Albumen des Samens oder aus dem Parenchym der Knollen oder der Wurzel bei sprossenden Pflanzen zu den jungen in Entwickelung begriffenen Organen, der Terminalknospe, den Blättern und Wurzeln. Ueberall lässt sich bei diesen Vorgängen das Eiweiss in grösster Menge nur in den Leitzellen durch Reagenzien auffinden. Es geht daraus mit Gewissheit hervor, dass das Leitzellenbündel der Weg für das wandernde Eiweiss ist.

Mit der Wanderung des Eiweisses ist es eine sonderbare Sache; an und für sich schwer diffusibel, sehen wir es in der Pflanze doch mit einer gewissen Leichtigkeit wandern. Hoffmann*) sucht diese Widersprüche durch die Annahme zu heben, dass die „Gewebespannungen", der in den Leitzellen wirkende Druck, die Strömungen des Eiweisses befördern. Hängt man eine mit Eiweisslösung gefüllte geschlossene Collodiumröhre in Wasser, so wird sie stark gespannt und befördert die exosmosische Strömung des Eiweisses oder, was

*) Flora 1862 No. 9—11.

richtiger sein dürfte, das Eiweiss wird aus der Röhre nach aussen gepresst. Schneidet man einen Pflanzenstengel quer durch, so quillt aus dem Leitzellenbündel ein eiweissreicher Saft hervor, was am schönsten bei Cucurbita Pepo und Zwiebel zu beobachten ist; die Spannung, in welcher sich in dem unverletzten Stengel die Leitzellen befanden, ist bei dem Abschneiden aufgehoben und der starke Druck presst die Zellflüssigkeit nach der Schnittfläche hin aus den Zellen hinaus. Aus diesen Erscheinungen erklärt sich Hoffmann's Theorie leicht. Wenn in einem zellenbildenden Gewebe Eiweisstoff zur Zellenbildung verwendet und aus der Lösung ausgeschieden wird, so soll der Druck in den betreffenden Zellen abnehmen, weil die sich ausscheidenden Eiweissstoffe die Concentration der Zellflüssigkeit vermindern und verursachen, dass die benachbarten eiweissreichen Zellen Zellflüssigkeit mit vielem Eiweiss in die weniger Eiweiss enthaltenden Zellen hineinpressen. Es setzt dieses aber voraus, dass der Druck in den eiweissausscheidenden Zellen vermindert wird, was nur geschehen kann, wenn sie Wasser verlieren — die Füllung der Zellen mit Wasser ist ja nur die Ursache der Spannung und des Druckes. Es ist nun aber sehr fraglich, ob dieses geschieht; man könnte sich zwar denken, dass die in Bezug auf Eiweiss höher concentrirten Zellen aus denjenigen Zellen, in welchen Eiweiss ausgeschieden und dadurch die Concentration herabgesetzt wurde, Wasser wegnehmen und den Druck vermindern; dem steht aber entgegen, dass die ersteren Zellen den höchsten Grad von Spannung besitzen und mehr Wasser aufzunehmen und den benachbarten Zellen zu entziehen nicht vermögen. Der Ansicht Hoffmann's stehen demnach wesentliche Bedenken entgegen. Da indess dürfte eine Wanderung des Eiweisses durch Druck und Spannungs-Veränderungen stattfinden, wo durch Verdunstung Wasser aus den Zellen fortgeführt und die Spannung derselben vermindert wird, so bei den jungen in Entwickelung begriffenen Blättern, die das Eiweiss aus dem Cambium des Stammes zugeführt erhalten; hier nimmt in der Richtung vom Stamme durch den Blattstiel zu den verdunstenden Zellen, also in der Richtung der Eiweisswanderung, die Spannung der Zellen immer mehr ab. Aus den fertigen und assimilirenden Blättern hingegen geht das Eiweiss in den Stamm und von hier nach oben und unten; diese Wanderung des Eiweisses in einer Richtung, in welcher die Spannung der Zellen zunimmt, bleibt dabei wieder unerklärlich und gerade hier finden

wir die schnellste Wanderung. Es muss demnach die Wanderung des Eiweisses noch durch eine andere Ursache begünstigt werden. Die folgenden Beobachtungen sind vielleicht im Stande, uns einigen Aufschluss darüber zu geben.

Wenn man Hühnereiweiss mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt, trübt sich dasselbe, filtrirt man nun, so erhält man eine klare Eiweisslösung, frei von Häuten u. dgl. Schüttelt man die klare Eiweisslösung wieder mit dem gleichen Volum Wasser, so erhält man von Neuem wieder eine trübe Flüssigkeit, von welcher sich klare Eiweisslösung abfiltriren lässt. Auf diese Weise fortgefahren, erhält man immer wieder von Neuem eine Trübung des klaren Filtrats. Die Trübung rührt von der Ausscheidung einer in Wasser unlöslichen viskösen Eiweissmodification her. Wie aber lassen sich diese Erscheinungen erklären? Das Eiweiss an und für sich ist in Wasser schwer oder unlöslich und stellt eine viskose Materie dar; unter Einwirkung eines gewissen Stoffes wird es gelöst und in Lösung erhalten. Das lösende Agenz ist mit Eiweiss auf irgend eine Weise verbunden. Je mehr desselben vorhanden ist, um so flüssiger ist das Eiweiss und um so mehr verliert sich seine Viskosität. Verdünnt man nun Eiweisslösung mit Wasser, so wird dem Eiweiss von dem lösenden Agenz entzogen und es fällt das Eiweiss aus. Durch fortwährende Verdünnung kann ein grosser Theil des Eiweisses aus seiner Lösung in viskoser Form ausgeschieden werden. Diese Erscheinungen treten auch ein, wenn man Eiweisslösung und Wasser durch eine permeable Membran von einander trennt und gegeneinander diffundiren lässt; wenn nur einiges Wasser zu der Eiweisslösung diffundirt ist, trübt sich dieselbe schon und im Verlaufe wird viskoses Eiweiss ausgeschieden. Gerade bei solchen Versuchen tritt die Ausscheidung viskösen Eiweisses recht schön hervor. Alle diese Erscheinungen bei der Diffusion können verhindert werden, wenn man der Eiweisslösung einige Tropfen einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Kali zusetzt; auch kann eine Lösung von Eiweiss, mit kohlensaurem Kali versetzt, mit Wasser ohne Trübung verdünnt werden. Gleichzeitig ist das Eiweiss unter der Einwirkung des kohlensauren Kalis diffusibler geworden, seine Durchgangsfähigkeit hat zugenommen. Das kohlensaure Kali scheint demnach die Viskosität des Eiweisses zu vermindern und weil die geringe Durchgangsfähigkeit gerade an die viskose (schleimig-klebrige) Beschaffenheit

gebunden ist, so muss dieses Salz auch die Diffusibilität erhöhen. Ob im Eiweiss der Eier ein freies oder kohlensaures Alkali zugegen ist, oder ob ein anderer Stoff die visköse Beschaffenheit aufhebt, wissen wir nicht. Die alkalische Reaction weist auf Alkalien hin.

Ob das pflanzliche Eiweiss ähnliche Eigenschaften besitzt, ist nicht bekannt, doch lassen Beobachtungen darauf schliessen. Ich habe gesehen, dass der Inhalt eiweissreicher junger Cambiumzellen, wenn man sie mit destillirtem Wasser in Berührung brachte, sich trübte und undurchsichtiger wurde; Aehnliches scheint auch Schacht beobachtet zu haben.*) Diese Erscheinung dürfte wohl auf jene bei dem thierischen Eiweisse gefundenen Eigenschaften zurückgeführt werden. Ebenso lässt sich auch die Diffusibilität des pflanzlichen Eiweisses durch kohlensaures Alkali erhöhen. Wenn man nämlich ein Pflanzengewebe mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Kali übergiesst, so kann man demselben das Eiweiss viel leichter und in grösserer Menge entziehen, als wenn man mit blossem Wasser extrahirt. Kalilauge wirkt noch stärker. Das kohlensaure Kali muss die Diffusibilität des Eiweisses in den Zellen erhöht und es dadurch fähig gemacht haben, die Zellmembrane leichter zu durchdringen.

Kehren wir nun zur Wanderung und Diffusion des Eiweisses zurück.

Die Diffusibilität des Eiweisses wird wahrscheinlich auch in der Pflanze durch irgend einen Stoff erhöht und würden wir hierzu vielleicht das kohlensaure oder ein basisch phosphorsaures Kali in Anspruch nehmen dürfen. Gerade in denjenigen Zellen, welche am reichsten an Eiweiss sind, in den Leitzellen und zwar in dem jüngeren Theile der Gefässbündel zeigt sich bei sehr vielen Pflanzen eine alkalische Reaction. Julius Sachs**) hat eine grössere Reihe von Pflanzen untersucht und die alkalische Reaction der Leitzellen der Gefässbündel bei Cucurbitaceen, bei Mais und Holcus saccharatus, Beta vulgaris, Brassicaarten und anderen Cruciferen u. s. w. gefunden; nach seinen Untersuchungen scheint die Alkalinität des Leitzellen- oder Cambialsaftes eine allgemein

*) Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Erster Theil S. 46. Es heisst dort: das Protoplasma „gerinnt sehr häufig schon durch Einwirkung des Wassers."

**) Botanische Zeitung 1862. Nr. 33.

verbreitete zu sein.*) Von den Salzen, welche die Diffusibilität des Eiweisses erhöhen, sind es besonders das kohlensaure Kali und die basisch phosphorsauren Alkalisalze, welche in dem Cambialsafte vorhanden sein könnten; da aber das erstere schon in grösserer Verdünnung der Pflanze schädlich ist, so bleibt uns nichts anderes übrig, als ein phosphorsaures Alkali anzunehmen, welches die alkalische Reaction des Cambialsaftes und die grössere Diffusibilität des Eiweisses derselben verursachen. Der Cambialsaft aus Cucurbuta Pepo zeigte sich sehr reich an Phosphorsäure und Kali, ob diese aber zu einem basisch reagirenden Salze verbunden waren, liess sich nicht bestimmen.

Besonders in den älteren Theilen des Leitzellenbündels, in dem Cambialsafte der Bäume u. s. w. findet man eine entschieden saure Reaction, offenbar herrührend von organischen Säuren oder doppelt organischsauren Salzen; in dem Cambialsafte von Viburuum Opulus schien freie Säure zugegen zu sein. Diese Säuren und organischsauren Salze haben, zum Theil wenigstens, keine coagulirende Einwirkung auf das Eiweiss und kann dasselbe neben diesen Stoffen in Lösung erhalten werden.

Die Fette, in Wasser unlöslich, können sie nicht diffundiren und doch scheinen Verhältnisse in der Pflanze einzutreten, unter welchen fette Oele wandern und diffundiren. Julius Sachs hat die Diffusion fetter Oele bei der Entwicklung der Keimpflanze von Allium Cepa und bei der Dattel beobachtet;**) er sagt hierüber: „Wie nun eine Fortbewegung feiner Fettkügelchen durch zahlreiche Zellhäute hindurch zu denken ist, ob so etwas möglich, muss ich einstweilen als offene Frage dahingestellt sein lassen. — — Die Frage, auf die es hier ankommt, ist einfach die, ob fette Oele im Stande sind eine Zellhaut zu durchdringen und in der nächsten Zelle wieder als Fetttropfen zu erscheinen. Ich hatte schon bei der Keimungsgeschichte der Dattel Gelegenheit, auf das wahrscheinliche Stattfinden eines solchen Processes hinzuweisen und Allium Cepa bietet an seinem Saugorgan ein neues Beispiel in

*) Alle Flüssigkeiten des thierischen Körpers, in welchen sich gelöstes Eiweiss findet, zeigen alkalische Reaction, Blutserum, Fleischsaft, Chylus, Lymphe u. s. w.; auch hier scheint ein kohlensaures oder basisches Alkalisalz die Löslichkeit zu bewirken.

**) Botanische Zeitung, 1863 Nr. 8. Ueber die Keimung des Samens von Allium Cepa. S. 69.

dieser Beziehung. Wenn wir uns den Process der Aufsaugung der Endospermstoffe auch nicht erklären können, so ist er doch thatsächlich über jeden Zweifel erhaben.“

Im thierischen Organismus kommt die Wanderung des Oeles weit häufiger vor wie in der Pflanze und hier scheint es nach den neuesten Untersuchungen von F. W. Beneke*) ein eigenthümlicher Stoff — das Myelin oder Lycethin — zu sein, welcher sich mit dem Fette verbindet, es in Wasser löslich und diffusionsfähig macht. Auch in der Pflanze kann ein solcher Stoff die Auflösung und Diffusibilität des Fettes bewirken und scheint auch hier dasselbe Myelin, welches im Thierkörper vorkommt, die Ursache der genannten Vorgänge zu sein; es wurde von Beneke in den Pflanzen nachgewiesen und zwar in Pflanzenölen, in den Samen von Erbsen, Bohnen, Roggen, Weizen, in ölreichen Samen, wie Raps und Mohn, weiter fand er das Myelin in allen jungen, sich fortbildenden Geweben und in den Keimstätten der pflanzlichen Organismen. Weitere Untersuchungen müssen uns darüber belehren.

Soviel wie wir bis jetzt wissen, ist die Verbreitung der Fette in den Pflanzen eine räumlich beschränkte, meistens bleibt es an dem Orte seiner Entstehung liegen, z. B. in den Samen. Wanderung scheint nur bei der Keimung stattzufinden.

Die Diffusibilität der Pflanzensäuren ist bei manchen zwar geringer wie bei mineralischen Stoffen und Zucker, doch können die meisten dahin diffundiren, wo auch die letzteren diffundiren. Man findet die Säuren bei den allermeisten Pflanzen im Parenchym, zuweilen auch im Cambium. Freie Säuren sind selten, fast nur in fleischigen Früchten, Aepfeln, Citronen u. s. w.; in der Regel sind sie an Basen gebunden und dann häufig als doppeltsaure Salze. Ihr Wanderungsverhalten ist dem des Zuckers sehr ähnlich; sind sie in Wasser löslich, so werden sie sich über alle permeablen Gewebe verbreiten können, wenn nicht durch impermeable Zellenschichten die Gewebe von einander abgegrenzt sind. Im Parenchym scheint der Ort ihrer Entstehung zu sein und gehen sie unzweifelhaft aus Kohlenhydraten hervor; sind die Säuren und ihre Salze

*) Studien über das Vorkommen, die Verbreitung und die Function von Gallen-Bestandtheilen in den thierischen und pflanzlichen Organismen. Giessen, 1862.

löslich, so verbreiten sie sich von hier aus über die anderen Gewebe und können alsdann auch unter günstigen Umständen in das Cambium gelangen und werden hier gewiss sehr leicht wandern.

Es wurde schon früher gezeigt, dass die Pflanzensäuren fast ausschliesslich im Parenchym vorkommen, und dass deshalb dieses Gewebe immer eine saure Reaction zeigt. In jüngerer Zeit hat besonders Julius Sachs die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt und gezeigt, dass bei der Mehrzahl der Pflanzen das Parenchym sauer reagirt, während das Leitzellenbündel eine alkalische Reaction hat.*) Es ist dies eine sehr auffallende Thatsache, und um so auffallender, wenn man saure und alkalische Reaction dicht nebeneinander liegen sieht, ohne dass man eine besondere Abgrenzung des Leitzellenbündels von dem Parenchym durch impermeable Zellenschichten wahrnehmen kann. Die Ursache dieser Erscheinung kann eine sehr verschiedene sein. Als erste und wohl verbreitetste Ursache haben wir die Unlöslichkeit der pflanzensauren Salze anzusehen. Die in dem Parenchym gebildeten Säuren werden sofort von Basen gebunden und in unlöslicher Form abgeschieden; bilden sich dabei doppeltsaure Salze, so zeigen diese auf dieselbe Weise saure Reaction, wie die freien unlöslichen doppeltsauren Salze, wenn man ein befeuchtetes Lakmuspapier dagegen drückt. Auf ähnliche Weise dürfte sich auch die saure Reaction eines Parenchyms, welches nur ungelöste pflanzensaure Salze enthält, erklären, die entsteht, wenn man gegen einen Quer- oder Längsschnitt der Pflanze ein Lakmuspapier andrückt. Diese pflanzensauren Salze sind also nur auf das Parenchym angewiesen; sie können dasselbe nicht verlassen. Wenn man die Rinde von Brassicaarten und anderen Cruciferen zerschneidet und in Wasser legt, so nimmt das Wasser keine saure Reaction an, es ist mithin nichts aufgelöst worden, oder es müssen alle Parenchymzellen derart in ihrer Membran verändert sein, dass sie den pflanzensauren Salzen keinen Durchgang gestatten; letzteres ist aber nicht wahrscheinlich, übrigens werden unter diesen Umständen bei dem Zerschneiden der Rinde so viele Zellen verletzt, dass sich reagirende Mengen im Wasser auflösen könnten. Es ist zwar der Fall denkbar, dass Pflanzen, bei denen die organischen Säuren

*) Botanische Zeitung. 1862 Nr. 33. Ueber saure, alkalische und neutrale Reaction der Säfte lebender Pflanzenzellen.

oder ihre Salze löslich sind, doch eine Beschaffenheit der Membran ihrer Parenchymzellen besitzen, welche die Diosmose der genannten Stoffe nicht gestattet; aber man darf sich dann die Sache nicht so vorstellen, als wenn die Membran bloss impermeabel für jene Stoffe sei, während sie allen anderen den Durchgang gestattet; es widerspricht dies der bisherigen Erfahrung; wenn die Membran impermeabel für organische Säuren und ihre Salze ist, so ist sie es auch für alle anderen Stoffe, welche eine gleiche Durchgangsfähigkeit mit ihnen haben und dazu würden gar viele mineralische Salze gehören, überhaupt würde dann schon die Diosmose aller Stoffe eine ziemlich beschränkte sein.

Man ist in jüngster Zeit vielfach geneigt der dialytischen Kraft der permeablen Membrane eine grössere Ausdehnung zu geben, als ihr zukommt; so scheint es, dass man auch viele organische Säuren und deren Salze mit zu jenen Stoffen rechnet, welche permeable Membrane, wenigstens die Zellenmembrane der Pflanze, nicht oder nicht leicht durchdringen können. Aber es scheint sich auch für die Pflanze zu bestätigen, dass alle gelöste krystallisirende Stoffe (Krystalloide Graham's) die Zellenmembran durchdringen können, wenn auch der eine leichter wie der andere, während die viskösen und schleimigen Stoffe (Colloide) nur schwer die Membran durchdringen. Zu den Colloiden dürfte wohl schwerlich eine der organischen Säuren, welche in nicht abgestorbenen Theilen der Pflanze vorkommen, zu rechnen sein; es indess nicht zu bezweifeln, dass einige nicht krystallisirende Säuren sehr schwer durch Membrane gehen und sich wie Colloide verhalten, so die Gerbsäure und Humussäuren; sie lagern sich in der Membran ab und jene, wenn sie in der Pflanze vorkommt, ist nicht fähig sich weithin zu verbreiten, sie bleibt an dem Orte ihrer Entstehung oder doch in dessen Nähe zurück.

Eine weitere Ursache des Abgeschlossenseins organischsaurer Salze im Parenchym, wenn dieselben gelöst sind, von dem Leitzellenbündel, dürfte in einer Abgrenzung beider Gewebe durch impermeable Zellenschichten zu suchen sein, Verhältnisse, die sich dann ähnlich gestalten, wie sie bei dem Zucker besprochen wurden.

Bei den meisten Pflanzen wird wohl die Zurückhaltung der organischen Säuren im Parenchym durch das Vorkommen als unlösliche oder schlechtdiffusible Salze bewirkt; ich will nur daran erinnern, dass die sehr vielen sauren und mehrfach sauren

organischen Salze in Wasser unlöslich oder schwer löslich sind, dass manche neutralen Salze nicht krystallisiren und gummiartige, deshalb wahrscheinlich schlecht durch Membrane diffundirende Massen darstellen (äpfelsaures Kali, aconitsaures Kali, äpfelsaures Eisenoxyd, weinsaure Thonerde u. s. w.); vielleicht bilden auch manche Säuren, der Gerbsäure gleich, mit andern organischen Stoffen, mit Stärke, Eiweiss, in Wasser unlösliche Niederschläge.

Von anderen Stoffen wären hier noch die gummi- und pectinartigen zu erwähnen, welche schlechtdiffusibel sind und die Zellenmembrane nur schwer zu durchdringen vermögen; sie gehören mit zu den Colloiden Graham's. Man wird die pectinartigen und ebenso die arabinähnlichen gummiartigen Stoffe als solche zu betrachten haben, die bei den pflanzlichen Lebensprocessen ausgeschieden wurden und in keinen weiteren Beziehungen mehr zu denselben stehen. Sie sind meistens auf den Ort ihrer Entstehung beschränkt und wandern nicht in der Pflanze. Von dem Dextrin ist dieses wohl nicht zu sagen, es scheint eine Uebergangsstufe bei dem Wechsel der Stärke in Zucker zu sein. Der Alkaloide werde ich später gedenken.

Die Stoffwanderung in complicirteren Verhältnissen.

In den vorstehenden Erörterungen habe ich nur des leichteren Verständnisses halber die Stoffvertheilungs- und Stoffwanderungsverhältnisse der einfacheren Zellenformen besprochen; wir dachten uns das Leitzellen- oder Gefässbündel aus einfachen dünnmembranigen Zellen bestehend, wie wir sie bei den Moosen und bei vielen phanerogamen Wasserpflanzen finden; das Parenchym stellten wir uns als einfaches Gewebe vor, dessen Zellen dünnmembranig oder mehr oder weniger verdickt und mit Porenkanälen durchbrochen sind. Die Leitzellenbündel sind bei den meisten Pflanzen aber aus verschiedenen Zellenformen zusammengesetzt und werden dadurch die Stoffwanderungsverhältnisse complicirter.

In jedem Gefässbündel findet man Ring- oder Spiralgefässe, sie bestehen aus langgestreckten Zellen, die mit ihren aneinanderstossenden Enden miteinander verschmolzen sind und bei welchen die Membran an den sich berührenden Enden geschwunden ist, so dass viele Zellen zu einer Röhre sich gestalten. Diese Zellen

haben vorzugsweise der Stoffwanderung in der axialen Richtung der Pflanzen gedient, solange sie noch mit Flüssigkeit gefüllt waren; später wurden sie luftführend. In den jungen wachsenden Pflanzen, in schnell wachsenden Pflanzentheilen, Stengeln, Blättern, bilden sie sich, indem Cambiumzellen sich bedeutend in die Länge strecken und schliesslich mit den aneinanderstossenden Enden verschmelzen und in einander übergehen. In ihnen ist die schnelle Wanderung der zellenbildenden Stoffe von unten nach den wachsenden Geweben sehr leicht möglich, weil sie lange Hohlräume bilden, in denen die Stoffe, ohne durch viele Membrane gehindert zu sein, in der Zellflüssigkeit diffundiren. Man braucht nur ein solches Gefäss mit dem danebenliegenden Cambium zu vergleichen, um ein leichtes Verständniss für das Gesagte zu finden. Ein einzelnes Gefäss ist so lang wie ein Cambiumzellenstrang von 5, 10 und oft mehr Zellen; in dem Cambiumzellenstrange müssen die diffundirenden Stoffe durch viele Zellenmembrane hindurch wandern, in einem Strange von 10 Zellen, z. B. durch 20 Membrane, wodurch aber, mögen die Membrane auch noch so dünn sein, eine bedeutende Verlangsamung des diffundirenden Stromes, besonders des bei der Zellenbildung so nothwendigen Eiweisses, eintritt; in dem Gefässe sind diese Hindernisse beseitigt, die Diffusion geht hier in einem flüssigen Medium von Statten. Die Wanderung der zellenerzeugenden Stoffe nach den wachsenden Geweben hat durch die Gefässe nur wenige Zellenmembrane zu passiren, während sie deren im Cambium viele im Wege hat. Die Gefässe werden indess sehr bald nach der Durchbrechung der Querwände schon unthätig, verlieren ihren flüssigen Inhalt und füllen sich mit Luft. Schon die jungen Gefässzellen, vor ihrer Verschmelzung und vor der Durchbrechung der Querwände, sind bedeutend länger wie die Cambiumzellen und deshalb der Stoffwanderung günstiger wie die letzteren. Die Ring- und Spiralgefässe scheinen also nur dazu gedient zu haben, aus dem Samen oder aus älteren Theilen der Pflanze die zellenerzeugenden Stoffe schnell nach den wachsenden Theilen der Pflanze, der Terminalknospe und den jungen in Entwicklung begriffenen Blättern, zu führen. Eine nach unten gehende Wanderung von assimilirten, organischen Stoffen hat in ihnen nicht stattgefunden, weil sie mit dem oberen Ende sich in Geweben befinden, in welchen keine Assimilation zugegen ist.

Mehr noch wie die Spiral- und Ringgefässe dienen die langgestreckten und dünnmembranigen Bastzellen, vorzüglich die Milchsaftgefässe, der schnellen Wanderung und Verbreitung der Stoffe. Die Bastzellen, welche keine Milchsäfte führen, dabei langgestreckt sind, finden sich meistens in Bündeln, die milchsaftführenden Bastzellen kommen meist als einfache Röhren vor. Die ersteren gleichen mehr den Spiralgefässen hinsichtlich ihrer Stoffwanderung, die letzteren aber bilden ein die ganze Pflanze von den Wurzeln zu den Blättern durchziehendes, vielfach verzweigtes Röhrensystem, in welchem die Diffusion der Stoffe von keinen Membranen durchbrochen ist. Die Milchsaftgefässe entstehen durch starke Streckung in axialer und tangentialer, oft auch querer Richtung und durch Verschmelzung vieler Zellen und bleiben für immer dünnwandig. Sie führen alle zellenerzeugenden Stoffe, mineralische Substanzen und ausserdem auch von der Pflanze ausgeschiedene Stoffe, Harze, Kautschuk u. s. w. und Alkaloide. Die Diffusionsströmungen scheinen hier nach allen Richtungen hin zu gehen. In der Wurzel nehmen sie mineralische Stoffe auf, von wo aus sie nach oben weiter diffundiren und seitlich in's Parenchym und nach oben in die Blätter wandern. In den Blättern nehmen sie organische Stoffe auf, Eiweiss, Stärke, und bei der Assimilation frei gewordene mineralische Stoffe, welche sie nach unten führen. Die im Parenchym erzeugten organischen Stoffe werden seitlich in die Milchsaftgefässe hineindiffundiren. Sie enthalten viele Stoffe, welche, wahrscheinlich aus dem Parenchym dahingelangt, häufig in Formen übergehen, in welchen sie indiffusibel sind und deshalb in andere Gewebe nicht eintreten können, Kautschuk, Harze, Alkaloide.

Nächst den Milchsaftgefässen sind es wohl die Siebröhren, die die Stoffwanderung am meisten begünstigen; es sind dies langgestreckte Zellen, deren Membran selten verdickt, und die wirkliche Löcher in ihrer Querwand besitzen;*) in einem Siebröhrenstrange ist mithin die Diffusion nicht von geschlossenen Membranen unterbrochen, die Stoffe wandern aus einer Zelle frei durch die Löcher der Querwand in die andere Zelle. Sie bleiben lange lebensthätig

*) Naegeli sprach es schon aus, dass die Siebröhren wirklich durchbrochene Querwände besitzen sollen; Jul. Sachs hat es evident nachgewiesen und muss ich den Leser auf seine Untersuchungen über diesen Gegenstand (Flora 1863 Nr. 5 S. 68) verweisen.

und sind in diesem Zustande mit einer eiweissreichen Flüssigkeit gefüllt. Auch sie scheinen hauptsächlich dazu bestimmt zu sein, den wachsenden Pflanzentheilen schnell die nöthigen Stoffe zuzuführen, weshalb wir sie auch meistens und in grösserer Menge bei schnell wachsenden Pflanzen finden — bei Cucurbita Pepo, Dalia variabilis z. B. —. Der absteigenden Wanderung der assimilirten Stoffe scheinen sie weniger zu dienen, doch werden sie, wenn sie in ausgebildeten Pflanzentheilen lebensthätig bleiben, die absteigende Wanderung derselben begünstigen, indem sie von der Seite her aus den cambialen Leitzellen die Stoffe aufnehmen. Bei den Holzpflanzen kommen sehr wahrscheinlich auch seitliche Durchbrechungen der Wand der Siebröhren vor, welcher Umstand auf eine Querströmung der Stoffe aus den benachbarten Zellen hindeutet.

Ausser den Ring- und Spiralgefässen besitzt das Gefässbündel noch verschiedene andere Gefässformen; dieselben stellen im ausgebildeten Zustande ebenfalls Röhren dar, sind aber besonders auf ihren Seitenwänden vielfach von Porenkanälen, Spalten u. dgl. durchbrochen, d. h. die Verdickungsschichten, welche sich auf die innere Wand der ursprünglichen Membran abgelagert haben, sind von Kanälen, Spalten u. s. w. unterbrochen, so dass an diesen Stellen nur die ursprüngliche dünne Membran den Hohlraum der Zelle schliesst. Diese Kanäle und Spalten deuten auf eine quer von Zelle zu Zelle gegangene Stoffwanderung. Wie die Spiralgefässe sind auch die letztbeschriebenen Gefässe — getüpfelte Gefässe (mit einfachen Poren), netzförmig verdickte Gefässe, Treppengefässe (mit spaltenförmigen Unterbrechungen der Ablagerungsschichten) u. s. w. — hauptsächlich nur während des Wachsens der Pflanze und ihrer Theile lebensthätig, später verliert sich ihr Inhalt und sie werden luftführend. Auch sie dienen der Stoffwanderung nach den wachsenden Pflanzentheilen, sie scheinen aber länger auszudauern und erst nach den Ring- und Spiralgefässen zur Ausbildung zu gelangen. Solange wie der Pflanzentheil stark wächst, in der Zeit des Schossens, führen die Spiral- und Ringgefässe, und vielleicht die Siebröhren, später die anderen Gefässe die zellenerzeugenden Stoffe nach den sich fortbildenden Geweben.

Die Holz- oder Prosenchymzellen haben lange eine grosse Rolle in der Stoffwanderung gespielt, sie sollten hauptsächlich dem

aufwärts steigenden Saftstrome dienen. In jüngerer Zeit hat besonders Hartig noch einmal alle Hebel in Bewegung gesetzt, um diese Theorie zu retten. Er lässt bei den Holzpflanzen den rohen Nahrungssaft von der Wurzel durch das junge Holz, durch den Splint, aufsteigen zu den Blättern, hier wird derselbe unter Einwirkung der aus der Luft aufgenommenen Nahrungsstoffe in Bildungssaft verwandelt und steigt nun in dem Bastkörper nach unten. Aber alles das scheint unbegründet; ich meine, ein einziger Blick durch's Mikroscop auf einen Längsschnitt durch junges Holz müsste uns klar zur Anschauung bringen, wie sich die Stoffwanderung im Holze verhält. Die jungen Holzzellen, die des Splintes nämlich, sind zwar noch mit proteinartigem Inhalte gefüllt, sie haben aber schon Verdickungsschichten auf ihre innere Membranwand abgelagert und diese sind an vielen Stellen durchbrochen durch Tüpfelkanäle. Die verdickte, später verholzende Zellwand kann der Stoffwanderung nur wenig oder gar nicht mehr dienen, die gelösten Stoffe, besonders aber die Colloide, Eiweiss u. s. w., werden diese verdickten Wände nicht mehr zu durchdringen vermögen, Wasser und leichtdiffundirende Salze werden vielleicht noch, wenn auch langsam, hindurch gehen können. Der Weg der Stoffwanderung ist hier in den Tüpfelkanälen verblieben, in welchen die Zellen nur von den dünnen primären Membranen getrennt sind. Die Richtung der Tüpfelkanäle ist eine quere, die Stoffbewegung in ihnen oder zwischen den Holzzellen muss demnach eine seitliche sein. Der ganze Bau der Holzzellen weist mit Entschiedenheit darauf hin, dass in ihm keine auf- und abwärtssteigende Stoffströmungen stattfinden, oder doch nur schwache: sie laufen an den Enden spitz zu und die spitzen Enden schieben sich zwischen einander und sind, so gut wie die Seitenwandung, verdickt und verholzt, Zustände die da nicht vorkommen, wo Strömungen in der axialen Richtung der Zellen stattfinden (man denke nur an die Gefässe und die Ausbildung ihrer Querwände); die Stoffströmungen können, was die Permeabilität der Membranwand betrifft, am leichtesten durch die Tüpfel gehen, diese stehen nun aber an der Seitenwandung der Holzzelle und gestatten nur seitliche Strömungen. Die Holzzellen bilden sich aus Cambiumzellen hervor und schon bei ihrem ersten Hervortreten zeichnen sie sich durch alsbaldige Membranverdickung und Tüpfelbildung aus; also auch schon in ganz jungen Holzzellen sind die Stoff-

strömungen seitliche. Man kann sich die Beziehungen der Holzzellen zu der Stoffwanderung nur so vorstellen, dass von den Leitzellen aus die Stoffe in sie hineindiffundiren und in ihnen verarbeitet werden oder zur Ablagerung gelangen, um demnächst wieder aufgelöst und aus ihnen fortgeführt zu werden. Uebrigens nimmt an dieser Zuführung noch ein anderes Zellenelement Theil, welches gleich besprochen werden soll. An den Stoffwanderungen in der axialen Richtung der Pflanze nehmen die Holzzellen zu keiner Zeit einen Antheil, höchstens könnte eine Wasserströmung durch sie nach oben gehen. Die Ringelungsversuche, welche man gewönlich als Beweis für die Stoffwanderung durch das junge Holz anführt, beweisen durchaus nichts, wie ich sogleich zeigen werde. In jenen Holzzellen, welche Luft führen, findet überhaupt keine Stoffwanderung mehr statt.

Die Markstrahlen sind Zellen, welche in radialer Richtung des Stammes etwas gestreckt sind und quer durch den Stamm gehen; sie gehen von dem Parenchym aus quer durch den Cambiumring und das Holz zu dem Marke. Da wo das Mark abgestorben oder unthätig geworden ist, bei den Bäumen meistens, enden die Markstrahlen im Holze. Die durch das Holz gehenden Markstrahlen sind gewöhnlich in ihrer Membran auch verdickt, sie besitzen dann aber Tüpfelkanäle, welche seitlich mit den Holzzellen communiciren. Die Markstrahlen dienen hauptsächlich wohl nur dazu, aus dem Rindenparenchym Stoffe, und ganz vorzüglich die sogenannten Reservestoffe, in's Markparenchym oder bei Holzpflanzen in's Holz zu führen. Ablagerung von Stärkemehl z. B. im jungen Holze und im Marke ist nicht selten, es bleibt dort dann so lange liegen, bis die Pflanze desselben bedürftig ist; alsdann wird es aufgelöst und wandert zu dem Orte hin, wo es verbraucht wird — Ablagerung im Herbste und Wiederauflösung und Fortführung im Frühjahre, wenn die Zellenbildung in den Terminalknospen und Blättern eine bedeutende ist und viel Stärke etc. bedarf. Wir hätten die Markstrahlen demzufolge als ein Querleitungsgewebe zu betrachten, welches Reservestoffe aus dem Parenchym der Rinde in das junge Holz und in das Mark führt, die zu einer späteren Zeit wieder aufgelöst und dann aus dem Holze nicht nur durch die Markstrahlen allein, sondern auch, indem sie seitlich durch die Tüpfelkanäle nach den Leitzellen wandern, sich der allgemeinen Stoffwanderung nach den sich entwickelnden Knospen

anschliessen. Bei einem grossen Baume, welcher im Frühjahre in kurzer Zeit Millionen Knospen treibt und Millionen Blätter entfaltet, muss der Vorrath der im Parenchym und im jungen Holze niedergelegten zellenbildenden Stoffe und die Strömung derselben nach den Knospen eine bedeutende sein, trotzdem aber ist es nicht einzusehen, dass gerade die dickmembranigen Holzzellen die Wanderung der Stoffe nach oben zulassen könnten; die wiederaufgelösten Reservestoffe werden durch die Markstrahlen und die Tüpfelkanäle aus den Holzzellen zu gangbareren Stoffwanderungswegen geleitet.

Was die Ringelungsversuche, worauf ich hier wohl am passendsten zurückkommen kann, hinsichtlich ihrer Beweiskraft für den aufsteigenden Saftstrom im jungen Holze der dikotyledonen Bäume betrifft, so sagte ich darüber an einem andern Orte*) Folgendes: „Heute noch bezeichnen viele Physiologen bei dikotyledonen Bäumen das junge Holz, den Splint, als den vorzüglichsten Weg des aufsteigenden rohen Pflanzensaftes — Wasser und die darin gelösten Stoffe. — Das junge Holz, insofern seine Zellen noch einen flüssigen Inhalt führen, lassen Diffusionsströmungen zu; aber nur derjenige, welcher mit den Diffusionsvorgängen gar wenig bekannt ist, kann der Diffusion in dem jungen Holze eine besondere Wichtigkeit in Bezug auf die nach oben gehenden Strömungen zuschreiben. Wenn man bedenkt, dass die Zellen des jungen Holzes in ihrer Membran schon mehr oder weniger verdickt und impermeabel sind und die Diffusionsströmungen nur durch die Porenkanäle, also nur auf die beschränkteste Weise, von Zelle zu Zelle gehen können, so bedarf es wohl keines grossen Scharfsinnes, um hier nicht den vorzüglichsten Weg für die aufsteigende Diffusion der Stoffe zu suchen. Was die Physiologie zu dieser Hypothese verführte, ist das allbekannte Ringeln der Bäume. Wird einem Baume die Rinde rundum in einer Länge von ½ bis 1 Fuss genommen, abgeschält, so kann der Baum noch fort vegetiren, obgleich mit den Rindenschichten auch das Cambium fortgenommen wurde. In diesem Falle bahnt sich die Diffusion durch das junge noch saftführende Holz einen Weg. Eine Diffusion durch das ältere Holz, durch welches Manche auch sogar den aufsteigenden Saftstrom gehen lassen, aus dessen Zellen schon alle Flüssigkeit ver-

*) Die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze. 1861. S. 282.

schwunden, kann nicht stattfinden; sie ist eine Unmöglichkeit, weil die Diffusion einen flüssigen Zelleninhalt voraussetzt. Die Verdunstung in den Blättern, die Concentrirung des Zelleninhaltes daselbst ruft eine aufsteigende Diffusion des Wassers hervor, welche, wie gesagt, vorzüglich sich durch das Cambium (Leitzellenbündel) bewegt, weil sie hier gerade am leichtesten von Statten gehen kann. Die ausgleichenden Diffusionsströmungen gehen im Cambium, Baste u. s. w. nach unten; an der abgeschälten Stelle des Stammes angekommen, bleibt ihnen kein anderer Weg, als durch die Markstrahlen zum jungen Holze, weil dieses hier ja das einzige saftführende Gewebe ist. In dem jungen Holze nun weiter nach unten gehend, wird die ausgleichende Strömung immer nach derjenigen Gewebspartie hindrängen, welche am leichtesten die Diffusion des Wassers gestattet, welche, mit anderen Worten, am saftreichsten ist; sie wird demnach, sobald die entrindete Partie passirt ist, nothwendig wieder nach dem Cambium und der Rinde durch die Markstrahlen zurückgelenkt werden müssen. Die Verdunstung, wenn der durch sie hervorgerufenen Diffusion der gangbarere Weg genommen ist, erzwingt eine Bahn auf minder gangbarem Wege, in dem jungen Holze. Die Verdunstung in den Blättern führt bei einem Baume enorme Quantitäten Wasser durch den Stamm; ist diesem nun an irgend einer Stelle die Rinde und das Cambium weggenommen, so wird das Wasser an dieser Stelle allein nur durch das junge Holz diffundiren. Aber nicht nur das Wasser allein, auch die aus der Wurzel nach oben diffundirenden Stoffe müssen diesen Weg nehmen. Vielleicht werden die Zellen des jungen Holzes, durch welche nun so grosse Mengen Wasser gehen, unter Mitwirkung der gelösten Stoffe permeabler, so dass sie später leichter der Diffusion nach oben dienen können. Es ist möglich, dass durch das Mikroscop bei solchen entrindeten Bäumen eine Veränderung der Zellen des jungen Holzes in der Nähe der entrindeten Stelle gefunden wird.“ Was hier von den aufsteigenden Strömungen gesagt wurde, gilt selbstverständlich auch von den abwärts gehenden Stoffwanderungen; besonders durch die letzteren könnten die Holzzellen permeabler gemacht werden, indem gewisse Stoffe derselben auflösend auf die abgelagerten Zellenschichten wirken.

Die Epidermiszellen empfangen zwar Stoffe von dem Parenchym, indess scheinen dieselben bei recht vielen Pflanzen eigen-

thümlichen Stoffwanderungsverhältnissen unterworfen zu sein. Man findet in den Epidermiszellen sehr häufig eine grössere Menge Kieselsäure, welche in der Membran abgelagert ist; oft ist die Menge so gross, dass bei dem Verbrennen der Epidermis ein Scelett von Kieselsäure in der Form der verbrannten Zelle zurückbleibt. Der Weg, welchen die Kieselsäure oder das kieselsaure Salz nimmt, kann offenbar nicht der durch's Leitzellenbündel und Parenchym sein, d. h. die genannten Stoffe werden nicht in den Leitzellen nach oben und dann seitlich durch das Parenchym in die Epidermiszellen gehen können; auf diesem Wege würden sie gewiss wegen ihrer geringen Durchgangsfähigkeit und der eigenthümlichen Ablagerung in der Zellenmembran nicht an den Ort ihrer Bestimmung, in die Epidermiszellen, gelangen. Unzweifelhaft diffundiren die kieselsauren Salze oder die Kieselsäure direct aus den Epiblemazellen in die Epidermiszellen und in diesem nach den oberen Theilen der Pflanze. Mit dem genannten Stoffe werden aber auch noch manche andere mineralische Stoffe durch die Epidermis wandern. Die Kieselsäure verbreitet sich von den Epidermiszellen gewöhnlich auch auf die angrenzenden Zellen und zuweilen ist die Ablagerung in der Membran der nächstliegenden Zellenreihen nicht unbedeutend, so bei Equisetum hiemale.

Gewisse Pflanzen besitzen dicht unter der Epidermis eine fortbildungsfähige, cambiumartige Zellenschicht; diese Zellen sind reich an Eiweiss und vermehren sich durch Theilung. Woher können die zellenerzeugenden Stoffe aber in diese Zellen gekommen sein? Eine Wanderung von dem Leitzellenbündel aus durch das Parenchym ist nicht wohl möglich. Jedenfalls sind sie bei der jungen Pflanze aus den Blättern auf dem directesten Wege hierhergelangt, nämlich in den unter der Epidermis befindlichen Parenchymzellen, welche sich dadurch zu cambiumähnlichen Zellen umgestalteten und bei der älteren Pflanze durch Zellenvermehrung eine Zellenschicht bilden, welche die assimilirten Stoffe, das Eiweiss u. s. w., leichter als die Parenchymzellen durchgehen lässt. Diese cambiumartigen Zellen sind dünnwandig und müssen sich natürlich in Beziehung auf Stoffwanderung gerade so verhalten, wie die Leitzellen. Am häufigsten ist das Product dieser Bildungsschicht der Kork — ein Zellengewebe, bei welchem die Cellulose der Membran sich in Korkstoff verwandelt, und welches, dann vollständig impermeabel, die Diffusion überall abschliesst, wo es vorkommt.

Das Bildungsgewebe des Korkes bleibt bei perennirenden Pflanzen, vorzüglich bei Bäumen oft lange Jahre thätig und erzeugt dann nach aussen hin viele Lagen von Zellen; diese Korkschicht bildet einen wesentlichen Bestandtheil der Rinde unserer Bäume und ersetzt die abgeworfene Epidermis, d. h. schliesst die Pflanzen nach aussen ab und verhindert die Verdunstung des Wassers aus dem Innern.

Rückblick.

Das Hauptgesetz der Stoffwanderung in der Pflanze lässt sich in wenigen kurzen Worten ausdrücken: Die Stoffe werden durch jene Gewebepartieen am vorwiegendsten wandern, wo sie den wenigsten Widerstand in Form von Zellenmembranen und Verdickungen der Zellenmembrane finden. Das Leitzellenbündel, als die permeabelste Zellenpartie, ist der Hauptweg der Stoffwanderung, zu ihm gesellen sich die Milchsaftgefässe und jungen sonstigen Gefässe, einschliesslich der Siebröhren.

Die von den Epiblemazellen und ihren Ausbuchtungen, den Wurzelhaaren, aufgenommenen Stoffe wandern zunächst in das feinmembranige Parenchym an den jüngsten Theilen der Wurzel; von hier aus wenden die Stoffe sich in grösster Menge den Leitzellen zu, um in schneller Diffusion in den oberen Theil der Pflanze und schliesslich in die assimilirenden Zellen der Blätter zu gelangen. Hat die Pflanze Milchsaftgefässe, so treten die Stoffe schon in der Wurzel in dieselben ein und wandern, schneller noch wie im Leitzellenbündel, zu den Blättern. Pflanzen mit Milchsaftgefässen sind daher im Stande, schneller zu wachsen als andere, welche keine solche Gefässe besitzen. Ist das Parenchym permeabel genug, so werden auch in ihm Stoffe aufwärts wandern; fast bei allen Pflanzen gehen aber vom Leitzellenbündel aus mineralische Stoffe in's Parenchym. Aber auch selbst da, wo die mineralischen Stoffe durch das Parenchym wandern, ist die Wanderung innerhalb desselben eine weit langsamere als in den Leitzellen und in den Milchsaftgefässen und es werden deshalb die assimilationsfähigen mineralischen Stoffe vorzugsweise den Weg durch das Leitzellenbündel und die Milchsaftgefässe zu dem Sitze der Assimilation nehmen. Gegen die in der Pflanze nach oben diffundirenden Stoffe diffundirt Wasser nach unten, eine Strömung, die aber gegenüber der starken aufwärts steigenden Wasserströmung nicht zu einer Bedeutung gelangt.

Der aufsteigende Wasserstrom nimmt vorwiegend seinen Weg durch das Leitzellenbündel und die Leitzellen überhaupt, doch nehmen auch die anderen Gewebe und Zellen je nach dem Grade ihrer Permeabilität und ihrer Spannungsveränderlichkeit Theil daran.

Die in den Blättern erzeugten organischen und in ihnen frei gewordenen anorganischen Stoffe gehen zunächst durch den Blattstiel nach dem Stamm und zwar vorwiegend auch wieder durch die Leitzellen, bei permeablem Parenchym aber zum Theil auch durch dieses; die eiweissartigen Stoffe, überhaupt alle, welche zur Klasse der Colloide gehören, nehmen fast ausschliesslich ihren Weg durch die Leitzellen; im Stamme wandern die eben genannten Stoffe nach oben und nach unten. Ausser dem Cambium werden die Stoffe vorzugsweise leicht vom Blatte aus durch die Siebröhren und die Milchgefässe durch die Pflanze verbreitet, welchen wahrscheinlich auch noch andere Bastzellen anzuschliessen sind. Die in den Stamm gelangten Stoffe diffundiren zum Theil nach unten, um das Fortbildungsgewebe der Wurzelspitze mit zellenerzeugenden Stoffen zu versorgen oder auch um die Stoffe den unterirdischen Reservestoffbehältern zuzuführen. Nach oben wandern sie vom Stamme in die Terminalknospen, in die jungen sich entwickelnden Blätter und Seitenknospen, sowie zu den Samen, in welchen letzteren meistens auch Reservestoffe zur Ablagerung kommen. Von den Leitzellen und den Milchsaftgefässen aus gehen bei vielen Pflanzen Stoffe in's Parenchym, besonders Kohlenhydrate und überhaupt stickstofffreie Substanzen, während die eiweissartigen und anderen colloiden Stoffe in den Leitzellen oder in den Milchsaftgefässen verbleiben.

Die im Parenchym erzeugten Stoffe, wenn sie löslich sind und wenn dasselbe vom Leitzellenbündel nicht durch impermeable Zellenschichten abgeschlossen ist, wandern sowohl innerhalb des Parenchyms nach oben und unten, als auch seitlich in die Leitzellen, um in diesem sich durch die Pflanze zu verbreiten. Noch mehr geeignet hierzu sind aber die permeabel bleibenden Bastzellen und die Milchsaftgefässe; dicht von Parenchymzellen umgeben ist die seitliche Diffusion zwischen beiden sehr leicht zu Stande kommend und innerhalb der Milchsaftgefässe die Verbreitung eine schnelle. Viele im Parenchym entstandenen Stoffe sind aber so constituirt oder an andere Stoffe gebunden, dass sie indiffusibel sind und den Ort ihrer Entstehung nicht verlassen, mithin sich nicht in der Pflanze verbreiten können.

Bei jungen wachsenden Pflanzen oder bei dem Schossen perennirender Pflanzen, überhaupt da, wo eine schnelle Verlängerung der Achse stattfindet, und die Stoffwanderung nach oben, nach den wachsenden Theilen, eine bedeutendere sein muss, dienen die Gefässe in den verschiedensten Gestalten und die Siebröhren dazu, eine schnelle Stoffwanderung herbeizuführen.

Assimilation, Stoffwechsel und Ausscheidungen.

Die Assimilation.

Aus dem Boden, der Atmosphäre und dem Wasser nimmt die Pflanze anorganische Stoffe auf; in ihr werden diese Stoffe in organische Masse verwandelt. Nur dem pflanzlichen Organismus kommt diese Eigenschaft zu; der Thierkörper kann nur organische Masse umwandeln und darin allein besteht seine Assimilationsthätigkeit. Die ersten Formen, in welchen uns in der Pflanze die organischen Stoffe auftreten, sind die Kohlenhydrate, Fette und Proteinstoffe; aus diesen Stoffen sind die übrigen in der Pflanze, sowie die zahlreichen Reihen der organischen Stoffe im Thierkörper, und diejenigen, welche durch Kunst hergestellt werden, abgeleitet. Zwar ist es auch der chemischen Kunst mehrfach gelungen, aus anorganischen Stoffen organische Masse zu erzeugen; indess gehören die so künstlich erzeugten jenen Reihen an, welche aus Kohlenhydraten und Proteinstoffen abgeleitet sind; diese, man könnte sie organische Grundstoffe nennen, vermochte die Kunst bis jetzt noch nicht herzustellen.

Wenn auf chemischem Wege anorganische Stoffe in organische verwandelt werden, so kann das nicht durch die directe Vereinigung der Elemente geschehen, sondern es ist das Aufeinanderwirken chemisch zusammengesetzter Stoffe nöthig. Alkohol besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; aus diesen, und mag man sie auch in jenen Mengenverhältnissen zusammenbringen, in welchen sie Alkohol constituiren, lässt sich kein Alkohol herstellen, wohl aber, wenn man, wie Berthelot gezeigt hat, Schwefelkohlen-

stoff, Schwefelwasserstoff- und Kohlenoxydgas über glühendes Eisen leitet; es bildet sich alsdann eine grosse Menge ölbildendes Kohlenwasserstoffgas, welches mit Hülfe des Broms in ätherschwefelsauren Baryt verwandelt werden kann; aus letzterem nun lässt sich benzoesaures Aethyl darstellen, welches man in Alkohol verwandeln kann. Die ersten organischen Formen, welche uns hierbei entgegentreten, sind der Aether, in dem ätherschwefelsaurem Baryt und im benzoesauren Aethyl. So soll sich auch nach Berthelot durch Einwirkung von Kohlenoxyd auf glühendes Kali Ameisensäure bilden; der ameisensaure Baryt giebt bei der trocknen Destillation Sumpfgas, ölbildendes Gas und Propylengas und die beiden letzteren Kohlenwasserstoffe können, nach vorgängiger Vereinigung mit Schwefelsäure oder mit Chlor und Brom, zu den entsprechenden Alkoholen umgewandelt werden (zu gewöhnlichem Weingeist- und Propylenalkohol). Die Alkoholgewinnung, bisher nur auf organische Stoffe beschränkt, auf Stärkemehl und Zucker, wird in nicht so ferner Zukunft vielleicht in anorganischen Stoffen ihr hauptsächlichstes Rohmaterial haben. Auf der letzten Londoner Industrie-Ausstellung sah man Alkohol, welcher aus Steinkohlen gewonnen war, und dessen Production eine billigere sein soll, wie die Gewinnung aus stärkemehl- und zuckerhaltigen Substanzen. Durch welche Vorgänge die Steinkohle sich in organischen Stoff umwandelt, lässt sich durch die vorhin mitgetheilten Gewinnungsweisen des Alkokohls von Berthelot vermuthen; durch Verbrennen der Steinkohle bilden sich Kohlenwasserstoffe und Kohlenoxyd und diese werden die Grundlage der Alkoholerzeugung bilden.

Cyan lässt sich ebenfalls auf künstlichem Wege darstellen und bildet die Grundlage zur Erzeugung vieler organischer Stoffe.

Ausser Alkohol, Cyan und Ameisensäure giebt es noch manche andere organische Stoffe, die sich durch chemische Kunst aus anorganischen Substanzen hervorbringen lassen, doch mögen die obigen Bemerkungen darüber genügen.

Wie ich schon oben bemerkte, war man weniger glücklich in der künstlichen Darstellung jener Stoffe, welche den Hauptbestandtheil der organischen Pflanzenmasse bilden, der Kohlenhydrate und Proteinstoffe. Und selbst auch wenn die chemische Kunst in der Umwandlung anorganischer Stoffe in organische Substanz noch bedeutende Fortschritte mache, was nicht zu bezweifeln ist, so wird sie darin doch gegen die Bildungsthätigkeit der Pflanze gering zu achten sein. Die Pflanze gerade bedarf zur Erzeugung organischer

Masse der einfachsten Stoffe, Kohlensäure, Ammoniak und einiger mineralischer Stoffe.

Die Kohlensäure ist jedenfalls derjenige Nahrungsstoff der Pflanze, welcher die Grundlage der Kohlenhydrate, der Pflanzensäuren, kurz aller stickstofffreien Stoffe bildet, die also aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen (C H O). Die Kohlensäure liefert den Kohlenstoff und das Wasser mag hierzu Wasserstoff und Sauerstoff abgeben.

Als die Grundlage der stickstoffhaltigen Stoffe, der Proteinsubstanzen, Pflanzenalkaloiden (Solanin, Nicotin z. B.) u. s. w. haben wir das Ammoniak und die Salpetersäure, jedenfalls auch die salpetrige Säure, wenn diese in die Pflanze als solche eintreten kann, anzunehmen; sie sind die einzigen pflanzlichen Nahrungsstoffe, welche Stickstoff zu liefern vermögen, da der atmosphärische freie Stickstoff nicht in der Pflanze assimilirt werden kann.

Man darf sich nun aber nicht denken, dass diese Stoffe allein schon hinreichen, um organische Masse zu bilden, z. B. Kohlensäure und Wasser, um Stärkemehl zu bilden. Vorstellen kann man sich zwar, dass der Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers zusammentrete, um Stärkemehl zu bilden — $12\ C\ O_2 + 10\ H\ O = C_{12}\ H_{10}\ O_{10} + 24\ O$; es würden also 12 Aequivalente Kohlensäure und 10 Aequivalente Wasser zusammentreten und die 24 Aequivalente O der Kohlensäure ausgeschieden, um Stärkemehl $= C\ H_{10}\ O_{10}$ zu bilden —; dass es so aber nicht geschieht, dafür haben wir die bestimmtesten Anzeigen. Zunächst wissen wir ganz bestimmt, dass zur Umbildung von Kohlensäure und Wasser, oder von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser in organische Substanz die Gegenwart mineralischer Stoffe in der Pflanze, Kali, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure u. s. w. nöthig ist; dann aber lässt sich auch als sehr wahrscheinlich annehmen, dass die Assimilation oder die Umwandlung der anorganischen Stoffe nicht ohne Gegenwart fertiger organischer Substanz vor sich gehen kann. Freilich dürfte der Leser, dessen Gedanken zu jenen Urzeiten zurückschweifen, wo noch keine organische Masse auf der heissen Erdrinde zugegen war, zu der Frage berechtigt sein, wie denn die erste organische Materie entstanden, zu deren Bildung doch weiter nichts als rein anorganische Masse geboten gewesen sei; und er wird vielleicht sagen, was damals geschehen konnte, kann auch heute geschehen. Ob heute noch organische Materie auf dieselbe Weise wie in der

Urzeit gebildet wird und wie sie einst gebildet wurde, wissen wir eben so wenig, wie wir die Frage beantworten können, wie das erste Thier oder der erste Mensch entstanden ist; dass in der Pflanze aber die Bildung der organischen Materie an gewisse schon vorhandene organische Stoffe gebunden ist, scheint unzweifelhaft zu sein.

Lange Zeit hindurch hat man auf die Nothwendigkeit der mineralischen Stoffe zur Bildung organischer Substanz kein Gewicht gelegt und man glaubte, die geringen Mengen derselben, welche in der Pflanze gefunden werden, hätten keine besondere Bedeutung für die Bildungsprocesse in ihr; man hielt sie sogar für zufällige Bestandtheile, welche mit dem Wasser aus dem Boden in die Pflanze gelangten, eben weil sie in dem Wasser gelöst seien. Man braucht indess nur einmal Pflanzen vom Keime an in destillirtem Wasser vegetiren zu lassen, um sich zu überzeugen, dass ohne die noch so geringfügigen Mengen mineralischer Stoffe eine Erzeugung organischer Masse nicht stattfindet. Verwendet man hierzu kleine Samen, etwa von Scrophularia aquatica, so entwickelt sich aus dem Samen ein kleines Pflänzchen, bei der genannten Pflanze mit 2 oder 3 Paar Blättchen und einige Millimeter hoch, die organische Masse beträgt aber kaum $^1/_3$ Milligramm und ist kaum so schwer wie der Same. Macht man das Experiment mit grösseren Samen, in welchen eine grössere Menge Nahrungsstoffe in den Cotyledonen oder in dem Endosperm aufgespeichert ist, so vermag sich zwar die neue Pflanze vollständiger zu entwickeln, ja sie kann sogar alle Entwickelungsstufen bis zur Blüthe durchlaufen, aber dennoch hat sich keine neue organische Substanz gebildet, die trockne Substanz der Pflanze ist in der Regel unbeträchtlicher als die des Samens. Es lässt sich dieser Vorgang sehr schön an Bohnen verfolgen. Man bringt eine solche unter Einfluss von Wasser zur Keimung; haben sich Würzelchen entwickelt, so hängt man die Bohne derart auf, dass die Wurzelenden in destillirtes Wasser tauchen; die Cotyledonen des Samens, nachdem die Samendecke durchbrochen oder abgeworfen wurde, färben sich grün, bald kommen neue Blätter zum Vorschein, die Pflanze streckt sich und bildet noch verschiedene neue Blätter und selbst kommen Blüthen zum Vorschein; damit ist die Vegetation abgeschlossen. Aber die ganze Vegetation ist nur Scheinleben, denn die trockne Pflanzenmasse wägt nicht mehr als die Trockensubstanz des Samens; neue organische Masse

hat diese Pflanze nicht erzeugt, sondern die in dem Samen enthaltenen organischen Stoffe haben sich zum Theil umgewandelt, um zur Zellenbildung verwendet werden zu können. Was in dem Samen Stärkemehl war, ist in Zellstoff übergegangen und aus den Cotyledonen in die neue Pflanze übergeführt worden; die proteinartigen Stoffe sind ebenfalls aus dem Samen in die neue Pflanze gewandert: kurz, der chemische Process bestand allein darin, dass die im Samen vorhandenen organischen Stoffe in zellenerzeugende Stoffe verwandelt wurden. Dieser Pflanze waren zwar auch Kohlensäure und selbst geringe Mengen Ammoniak und vielleicht salpetrigsaures Ammoniak in der Atmosphäre geboten, und sie vermochte diese Stoffe durch ihre Blätter aufzunehmen; zwar war auch organische Substanz zugegen, die vielleicht zur Assimilation von Kohlensäure und Ammoniak nöthig ist: trotzdem aber vermochten sich keine neuen organischen Stoffe zu erzeugen, weil die mineralischen Stoffe fehlten.

Durch welche Processe werden nun die anorganischen Stoffe in organische Substanz umgewandelt? Was haben wir als Bedingungen der Assimilation der anorganischen Stoffe anzusehen? Diese Fragen wird der Leser an die Wissenschaft stellen.

Leider vermag auf die erste Frage die Wissenschaft keine Antwort zu geben; einige Vermuthungen sind Alles, was wir darüber sagen können. Zwar haben Manche schon versucht, den Schleier zu heben, aber die unerbittliche Isis hüllt sich bei jedem Versuche immer nur dichter ein; früher wusste man sich die Sache sehr einfach vorzustellen; jemehr wir jedoch mit den physiologischen Vorgängen bekannt wurden, um so verwickelter tritt die Assimilation uns entgegen. Wie es scheint, haben wir bis jetzt die Sache noch immer verkehrt angegriffen; wir müssen die Fragen anders an die Pflanze stellen, wie wir es bisher gethan, und vielleicht werden uns dann die Antworten mehr Aussicht auf Erkenntniss des Geheimnisses gewähren. Man untersuchte ganze Pflanzen oder einzelne Pflanzentheile auf ihre Bestandtheile und suchte Verhältnisse zwischen gewissen organischen Stoffen und anorganischen auf. Um zu wissen, welche Rolle z. B. die Phosphorsäure bei der Bildung der Proteinstoffe spiele, bestimmte man den Proteinstoff oder gar den Stickstoff und die Phosphorsäure in dem Weizenkorne, auf verschiedenen Feldern und in verschiedenen Gegenden gewachsen; nun fand sich häufig auch ein nahezu übereinstimmendes Ver-

hältniss zwischen beiden, häufig jedoch auch schwankten die Mengen dieser Stoffe bei ein und derselben Varietät des Weizens viel bedeutender wie bei verschiedenen Varietäten. So wollte man auch einen Zusammenhang zwischen Alkalien und Kohlenhydraten gefunden haben, was durch neuere Untersuchungen ebenfalls in das Reich der Illusionen verwiesen wurde. Diese Untersuchungen konnten zu nichts führen, denn organische und mineralische Stoffe, welche in einem Organe zusammen vorkommen, brauchen am Ende gar nichts mit einander zu thun zu haben und diejenigen Stoffe, welche zur Bildung gewisser organischer Stoffe beigetragen haben, brauchen sich gar nicht mehr in dem Organe, dessen Verhältnisse wir studiren wollen, zu befinden, sie können ganz oder theilweise fortgewandert sein. Zudem hat man vergessen, dass die organischen Stoffe, wo wir sie finden, nicht immer entstanden sind; so ist sicherlich das Stärkemehl des Weizenkornes nicht in diesem, sondern in den Blättern gebildet worden, und während bei der ausgebildeten Pflanze jenes reich an Stärkemehl ist, sind die Blätter arm daran. Diejenigen Mengen Alkali, besonders Kali, welche von Pflanzensäuren gebunden wurden, haben offenbar nichts mit der Bildung von Kohlenhydraten zu thun; vergleicht man nun Kohlenhydrate und Kali miteinander, so ist auch immer das von den organischen Säuren in Anspruch genommene Kali mit im Spiele. Im Weizenkorne, überhaupt im Samen, kann sich Phosphorsäure ablagern, in unlöslicher Form ausgeschieden sein, ohne dass es jemals mit der Proteinbildung etwas zu thun gehabt hat. Auf diesem Wege der Forschung werden wir niemals Aufschluss über die Beziehungen der anorganischen Stoffe zu den organischen bekommen. Ueberhaupt dürfen wir aus den vorhin besprochenen Gründen kein Gewicht auf den Gehalt gewisser Organe an mineralischen Stoffen legen, um die Beziehungen dieser zur Assimilation und zur Bildung der organischen Stoffe zu studiren.

Eine andere Methode zur Erforschung dieser Frage ist die, dass man Pflanzen in einem Boden oder in einer Lösung vegetiren lässt, welchem oder welcher man alle der Pflanze nöthigen mineralischen Stoffe in bekannter Menge zuführt, mit Ausnahme desjenigen, dessen Einwirkung man auf die Pflanze studiren will. Die Pflanze vegetirt also bei Mangel eines Nahrungsstoffes und es muss sich im Verlaufe der Vegetation zeigen, in welchen Beziehungen er zur Pflanze steht. Gewöhnlich begnügt man sich damit, nur die

Beziehungen zwischen mineralischem Stoff und dem Habitus der Pflanze, Blatt, Samenentwickelung u. s. w. zu beobachten; von grösserem Vortheile würde es indess sein, die einzelnen organischen Stoffe, wenigstens Kohlenhydrate, Fette und Säuren, sowie die Proteinstoffe ihrer Menge nach in einer bei Ausschluss eines gewissen Nahrungsstoffes gezogenen Pflanze zu untersuchen, wobei natürlich bekannt sein muss, wie viel von jedem sonstigen Nahrungsstoffe in die Pflanze (aus der Lösung) eingetreten ist. Ich werde später auf die Ergebnisse dieser Versuche zurückkommen. Ob diese Methode mehr Aufschluss geben wird, will ich dahin gestellt sein lassen; ich gebe nur zu bedenken, dass die meisten Nahrungsstoffe zusammenwirkend nur organische Masse bilden und ein Fehlen des einen oder anderen die Bildung hemmt. Jedenfalls muss man es aber verdammen, wenn man diese Methode bei hochorganisirten Pflanzen, sogar bei unseren Culturpflanzen, in Anwendung bringt; bei dieser Pflanze, wo alle Verhältnisse so complicirt sind, darf man gewiss sich eines grossen Erfolges nicht erfreuen. Geeigneter scheinen die einfach organisirten Pflanzen zu sein, die Algen wie z. B. die Charaarten, Caulerpa prolifera und Vaucheria. Die Charaarten haben ein einfaches Gewebe; eine einfache Zelle oder eine grössere Mittelzelle, welche von einem einfachen Zellenkreise umgeben ist, zeigt der Querdurchschnitt; sie leben im Wasser und alle Nahrungsstoffe werden durch dieses zugeführt. Vergleicht man damit die phanerogamen Pflanzen, so hat man bei diesen sehr verschiedenartige Gewebe mit verschiedenartigen Stoffen und Functionen, Gewebe, die zudem sehr schwer von einander zu isoliren sind; die Nahrungsstoffe werden durch verschiedene Quellen, aus der Atmosphäre und der Nahrungsflüssigkeit zugeführt, deren Aufnahme, was wenigstens die atmosphärischen Nahrungsstoffe betrifft, nicht leicht zu regeln ist, ohne das Leben der Pflanze zu gefährden. Es bedarf also wohl kaum eines weiteren Beweises, dass jene einfach organisirten Pflanzen den Vorzug verdienen zu Vegetationsversuchen wie den oben geschilderten.

Von grösster Bedeutung für dies Studium der Assimilation und der Bildung der organischen Substanz ist jedenfalls die Mikrochemie, d. h. die Anwendung chemischer Reagenzien unter dem Mikroscop. Wenn diese Forschungsmethode sich augenblicklich auch noch in ihren Kinderschuhen befindet, so berechtigt sie doch zu grossen Hoffnungen. In jüngerer Zeit hat sie Julius Sachs

besonders cultivirt und ist es diesem Mikroscopiker gelungen, einzelne höchst interessante und aufklärende Beobachtungen zu machen.

Eine zweite Frage war die nach den Bedingungen der Assimilation. Können wir auch darauf keine vollständige und genügende Antwort geben, so wissen wir doch mehr darüber als über das Wie? der Assimilation. So lange natürlich dieses nicht vollständig aufgeklärt ist, können wir natürlich auch nicht mit aller Sicherheit die Bedingungen begreifen und feststellen. Wir haben es hier mehr mit dem Resultate zu thun, als mit den Vorgängen, die dem Resultate zu Grunde liegen; wir lassen die Pflanze in gewisse äussere Verhältnisse eintreten und beobachten den Erfolg; wir entziehen z. B. der Pflanze das Licht und beobachten, dass im Dunkeln die Assimilation darniederliegt, Kohlensäure wird nicht aufgenommen, nicht zersetzt; vom Keim an im Dunkeln vegetirende Pflanzen vermehren ihre organische Masse nicht. Dies Experiment hat uns also belehrt, dass die Pflanze zu ihrem Gedeihen Licht gebraucht und dass sie um so besser gedeiht, um so mehr organische Stoffe erzeugt, als sie mehr und intensiveres Licht empfängt.

Die Bedingungen der Assimilation kennen zu lernen, ist besonders für den Landwirth von grösstem Interesse, denn ihm ist es Hauptaufgabe, in grösster Menge organische Pflanzenmasse zu erzeugen, die Assimilation der anorganischen Stoffe also zu leiten, und wer das will, muss wenigstens die Bedingungen der Assimilation kennen. So weit dieses möglich ist, werde ich versuchen, dieselben später zu schildern.

Bereits haben wir gesehen, dass zur Erzeugung der organischen Masse anorganische Stoffe erstes Erforderniss sind; wir werden später sehen, dass diese Stoffe in gewisser Menge der Pflanze dargeboten sein müssen und dass die Mengenverhältnisse bei den verschiedenen Pflanzenarten sich sehr verschieden verhalten. Als zweites Erforderniss lernten wir die Gegenwart schon fertiger organischer Stoffe kennen.

Im Pflanzenkeime, nehmen wir ihn nur in seiner ursprünglichen Gestalt, der Keimzelle, oder als fertig gebildetes Keimpflänzchen wie es in dem Samen eingeschlossen ist, schlummern bedeutungsvolle Kräfte. Die Keimzellen der verschiedensten Pflanzen sind sich gleich, es sind eben einfache Zellen; wir können es ihnen nicht ansehen, dass aus der einen ein riesiger Baum, aus der anderen nur ein unscheinbares armblättriges Pflänzchen wird: und doch

schlummert die Gestalt der Art schon in der einfachen Zelle. Wir haben keine Ahnung von den Formkräften, wie ich jenes geheimnissvolle Etwas nennen will, welche in dem Pflanzenkeime ruhen. Der Keim ist also die Hauptbedingung zur Erzeugung von organisirtem Pflanzenstoff; ebenso hat man ihn auch als Bedingung zur Erzeugung der organischen Materie, der Umwandlung anorganischer Stoffe angesehen, was aber entschieden falsch war, an den Keim ist nicht die chemische Bildungsthätigkeit geknüpft. Verfolgen wir aufmerksam den Entwickelungsgang einer Pflanze, die vom Keime aus unter experimentell zu beherrschenden Verhältnissen gezogen wird, z. B. der Getreidearten; Anfangs ist das junge Pflänzchen nicht im Stande, anorganische Stoffe aufzunehmen oder gar zu verarbeiten; so lange wie im Samen noch organische Stoffe vorhanden sind, werden diese zu Zellen umgewandelt; sind die Vorrathsstoffe aufgezehrt, so macht die Pflanze im Wachsthume für kurze Zeit Halt; jetzt erst ist die Pflanze so weit entwickelt, dass sie der Assimilation dienen kann. So lange wie die Vorrathsstoffe noch nicht aufgezehrt sind, ist bei den meisten Pflanzen noch kein Zuwachs neuer organischer Masse eingetreten. Wir erkennen daraus, dass der Keim an und für sich auf die chemische Bildungsthätigkeit keinen directen Einfluss hat.

Wahrscheinlich ist es ein Proteinstoff, dessen Gegenwart die Zersetzung der anorganischen Stoffe einleitet, vielleicht auch trägt ein organischer Farbstoff, das Chlorophyll, dazu bei, wenigstens ist dieses für die Bildung der Kohlenhydrate nicht unwahrscheinlich, wie wir nachher sehen werden. Wie wir uns diese Einwirkung vorzustellen haben, darüber will ich weiter nichts sagen, weil wir gar nichts darüber wissen; man hält sie der Contactwirkung ähnlich, also ebenso wirkend wie Hefe auf Zucker bei der Gährung oder faulende Eiweisssubstanzen auf Alkohol bei der Essigbildung; Andere glauben, sie bestände darin, dass sich der Proteinstoff oder was es sonst ist, zersetze und wieder zurückbilde, ähnlich wie die Salpetersäure bei der Erzeugung englischer Schwefelsäure; — die Salpetersäure nämlich giebt einen Theil ihres Sauerstoffes an die in den Kammern vorhandene schweflige Säure ab, wodurch diese zu Schwefelsäure oxydirt wird, während die Salpetersäure zu Untersalpetersäure desoxydirt, welche von Neuem Sauerstoff aus dem Wasser aufnimmt, wodurch die Salpetersäure sich regenerirt; es reicht mithin eine kleine Menge Salpetersäure hin, um grosse

Mengen Schwefelsäure zu bilden — derartige Annahmen für die Pflanze sind Reflexionen, die durch keine einzige Thatsache begründet werden können.

Ob die Erzeugung organischer Masse nur an die Zelle geknüpft ist, lässt sich nicht mit Bestimmtheit aburtheilen; bis jetzt sahen wir Kohlenhydrate, Proteinstoffe u. s. w. nur in Zellen entstehen und wollte es nicht gelingen, organische Masse zu erzeugen durch Vereinigung der anorganischen Pflanzennährstoffe (und selbst in Mengenverhältnissen, von denen wir wissen, dass die Pflanze sie aufnimmt und enthält) mit Proteinsubstanzen oder gar mit denselben Organen — Blattmasse z. B. — in zerquetschtem Zustande, welche in ihrer organisirten Continuität sicherlich organische Masse erzeugt hätten; dennoch will uns chemischerseits nicht recht einleuchten, dass der chemische Process in der Pflanzenzelle eben nur an diese gebunden sein soll, umsoweniger will uns das einleuchten, wenn wir die Bildung anderer organischer Stoffe auf rein chemischem Wege in die Erinnerung zurückrufen. Die Zukunft giebt vielleicht Aufschluss darüber.

Wärme und Licht sind zwei der wesentlichsten Bedingungen der Assimilation, wir werden diese, so wie noch manche andere Bedingungen ausführlicher besprechen.

Die Bildung der stickstofffreien organischen Substanz.

Die in der Pflanze vorkommende stickstofffreie Substanz zerfällt der grössten Menge nach in drei Gruppen; 1. die Kohlenhydrate, wie Stärkemehl, Gummi, Dextrin, Zucker und Cellulose, 2. Fette und 3. organische Säuren, welche letztere entweder an Basen gebunden sind oder zuweilen auch frei auftreten. Die beiden letzten Gruppen scheinen nicht direct aus dem Assimilationsprocesse hervorzugehen, sondern aus den Kohlenhydraten zu entstehen; diese, die Kohlenhydrate, sind jedenfalls diejenige organische Form, in welcher die anorganischen Stoffe sich zuerst zusammenfinden.

Die genannten Stoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; die Kohlensäure bildet ihre Grundlage, sie liefert den Kohlenstoff; den Wasserstoff und Sauerstoff liefert wahrscheinlich nur das Wasser, doch kann man sich auch denken, dass hieran das Ammoniak und die Salpetersäure mit theilnehmen, da das erstere leicht Wasserstoff, die letztere leicht Sauerstoff verliert.

Wissen wir nun auch nichts Bestimmtes über die Zersetzung und Zerlegung der Kohlensäure und des Wassers im Assimilationsprocesse, so hat man doch vielfach versucht, sich eine Vorstellung davon zu machen. Man kannte die Zusammensetzung der Kohlenhydrate, und eine Vereinigung des Kohlenstoffs mit den Elementen des Wassers — H O — schien durch die empirische Formel der Kohlenhydrate nahe gelegt zu sein — C_{12} H_{10} H_{10} also 12 Kohlenstoff mit 10 Wasser —; man nahm nun an, dass die Kohlensäure ihren Sauerstoff verliere und mit dem Kohlenstoff dann sich Wasser vereinige, wie etwa die folgende Gleichung zeigt:

$$12\ C\ O_2 + 10\ H\ O = 12\ C\ 10\ H\ 10\ O + 24\ O$$

oder C_{12} H_{10} O_{10} bildet sich und 24 O der Kohlensäure werden ausgeschieden. Bei diesem Processe braucht also Wasser nicht zersetzt zu werden, sondern es vereinigt sich einfach eine gewisse Anzahl Aequivalente Wasser mit dem Kohlenstoff. Hiergegen lässt sich aber einwenden, dass ein Theil des Sauerstoffes zu fest an dem Kohlenstoff in der Kohlensäure gebunden ist, um durch Reduction getrennt werden zu können bei den stärksten auf die Kohlensäure wirkenden Reductionsprocessen kann dieselbe nur eines Aequivalentes Sauerstoff beraubt und in Kohlenoxyd verwandelt werden, aus C O_2 wird C O und O. Was aber die chemische Kunst nicht vermag, das wird der Pflanze auch wohl nicht möglich sein; die Zersetzung der Kohlensäure ist ein rein chemischer Act, auch innerhalb der Pflanze, und eine vollständige Trennung des Sauerstoffs vom Kohlenstoff ist auch da nicht denkbar.

Die Zersetzung der Kohlensäure an und für sich kann keinem Zweifel unterliegen, sie ist eine Thatsache. Die Pflanze saugt Kohlensäure ein, haucht Sauerstoff aus. Beide Vorgänge hat man von alter Zeit her schon mit einander in Verbindung gebracht und nicht ganz mit Unrecht: denn eine Pflanze, welcher keine Kohlensäure zugeführt wird, scheidet auch keinen Sauerstoff aus; eine Pflanze, im Sonnenlichte befindlich, nimmt Kohlensäure auf und haucht Sauerstoff aus, bringt man sie aber aus dem Lichte in's Dunkele, so hört die Sauerstoffausscheidung und sehr bald auch die Kohlensäureaufnahme auf. Misst man nun die Quantitäten der verschwundenen Kohlensäure und des von der Pflanze ausgeschiedenen Sauerstoffes, so ergiebt sich, dass beide den Volumina nach nicht sehr von einander abweichen, wenigstens geht dies aus den

neuesten zahlreichen Untersuchungen Boussingault's hervor. Ich will hier nur einige Resultate dieses Versuches anführen:*)

	Verschwundene Kohlensäure cc.	Entwickelter Sauerstoff cc.	Entwickelter Stickstoff cc.
Stechpalme (Jlex) . .	17,89	17,36	0,22
Immergrün (Vinca) . .	26,31	26,78	0,27
Möhre (Daucus) . . .	30,01	30,73	0,08
Mentha aquatica . . .	48,38	42,12	0,20
Pfirsich	54,93	52,98	0,55
Möhre (Daucus) . . .	44,28	42,81	0,62
Pfirsich	48,64	51,05	0,58
Pinus maritima	41,60	43,30	0,45

Im Allgemeinen geht aus diesen Zahlen hervor, dass das Volum des entwickelten Sauerstoffs ziemlich gleich dem Volum der verschwundenen Kohlensäure, oder etwas grösser oder kleiner ist und dass selbst die gleiche Pflanze sich bei verschiedenen Versuchen nicht gleich verhielt.

Diese Untersuchungen deuten wohl darauf hin, dass der gesammte Sauerstoff von dem Kohlenstoff getrennt werde, denn ein Volum Kohlensäure enthält ein gleiches Volum Sauerstoff; dessenungeachtet sind die chemischen Bedenken zu gross, um eine völlige Trennung des Sauerstoffs und Kohlenstoffs annehmen zu dürfen. Mehr Wahrscheinlichkeit hat die, von Boussingault zuerst ausgesprochene Ansicht für sich, dass die Kohlensäure zu Kohlenoxyd und Sauerstoff zerlegt werde; es müsste dann aus 1 Volum Kohlensäure ½ Volum Sauerstoff frei werden. Wenn dieses richtig sei, so müsste noch von einer anderen Seite her Sauerstoff frei werden und würden wir das Wasser als diese Quelle anzusehen haben. Es müsste alsdann die Kohlensäure zu Kohlenoxyd reducirt und das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden, worauf Kohlenoxyd und Wasserstoff zusammentreten und Sauerstoff von Kohlensäure und Wasser ausgeschieden wird.

Durch eine Formel veranschaulicht, würden sich diese Vorgänge folgendermaassen berechnen lassen:

$$\begin{array}{rcl} 12\ CO_2 & = & 12\ C \quad 12\ O + 12\ O \\ 12\ HO & = & 12\ H \quad + 12\ O \\ \hline 12\ CO_2 + 12\ HO & = & 12\ C\ 12\ H\ 12\ O + 24\ O \end{array}$$

*) Chemisches Centralblatt 1863 No. 18.

d. h. aus 12 Kohlensäure und 12 Wasser wird $C_{12} H_{12} O_{12}$ — ein Kohlenhydrat — und 24 Sauerstoff werden ausgeschieden; in diesem Falle würde für die verschwundene Kohlensäure ein gleiches Volum Sauerstoff frei geworden sein. Demzufolge würde also die letztere Anschauung ebenso berechtigt sein wie die erstere, nach welcher der sämmtliche Sauerstoff vom Kohlenstoff getrennt werden soll.

Ob aber solche Vorgänge wirklich in der Pflanze vorkommen, wissen wir nicht; Berechnungen wie die obigen können nur dazu dienen, mögliche Verhältnisse zur Anschauung zu bringen, haben aber nicht einmal den Charakter einer Hypothese, wenigstens keiner begründeten. Wir wollen hier noch bemerken, dass bei den obengenannten Untersuchungen Boussingault's dem ausgeschiedenen Sauerstoff immer kleine Mengen Kohlenoxyd neben Stickstoff und einem Kohlenwasserstoff beigemischt waren. Diese Thatsache beweist wenigstens, dass die Bildung von Kohlenoxyd in den Blättern der Pflanze möglich ist. Der mit ausgeschiedene Stickstoff rührt von der in der Pflanze enthaltenen Luft her, ist also nicht als ein wirkliches Ausscheidungsproduct zu betrachten.

Das Sonnenlicht ist der wesentlichste Factor der Kohlensäurezerlegung und der Assimilation des Kohlenstoffs. Wie ich schon bemerkt habe, geht die Zerlegung der Kohlensäure im Dunklen nicht von Statten. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man eine unter einer Glasglocke vegetirende Pflanze in's Dunkle bringt und den Kohlensäure- und Sauerstoffgehalt der Luft in der Glocke misst. Es verschwindet keine Kohlensäure, d. h. die Pflanze nimmt keine auf und der Sauerstoffgehalt vermindert sich; oft sogar wird noch Kohlensäure von der Pflanze ausgeschieden, die dann von der Verbindung oxydirbarer Kohlenstoffverbindungen mit Sauerstoff herrühren mag, die aber auch ihren Grund in einer Aushauchung der im Zellsafte enthaltenen früher aufgenommenen Kohlensäure haben kann, welcher letztere Fall sehr leicht eintritt, wenn die Pflanze sich mit ihren Wurzeln in einem kohlensäurereichen Boden oder in kohlensäurereichem Wasser befindet. Sobald wie man nun den Apparat in's Sonnenlicht bringt, kann man die Sauerstoffausscheidung beobachten. Leichter beobachtet man diese Erscheinungen, wenn man ein frisch abgeschnittenes Blatt in eine Schale mit Brunnenwasser bringt; an einem Orte, der nur wenig zerstreutes Licht empfängt, sieht

man keine besonderen Erscheinungen am Blatte eintreten; sobald aber das Wasser mit dem Blatte in's directe Sonnenlicht gebracht wird, steigen von dem Blatte Gasbläschen auf, welche weiter nichts sind als der aus der Zersetzung der Kohlensäure herrührende Sauerstoff. Mit der Intensivität des Sonnenlichtes nehmen die eben besprochenen Vorgänge an Stärke zu; in einem Raume, der nur zerstreutes Licht empfängt, ist die Sauerstoffentwicklung eine geringere als in directem Sonnenlichte.

Bei Nacht ruht also die Aufnahme und Zersetzung der Kohlensäure, so wie die daraus abzuleitende Bildung organischer Stoffe; bei Tage und bei hellem Sonnenlichte ist sie am grössten, besonders aber in jenen Jahreszeiten, wo die Intensivität des Sonnenlichtes am grössten ist; an trüben, dunklen Tagen ist sie nothwendiger Weise geringer, und welchen Einfluss ein während der Vegetationsperiode stets oder häufig trüber und wolkenbedeckter Himmel auf die organische Stoffbildung hat, ist leicht zu ermessen.

Mit ziemlicher Gewissheit lässt sich jetzt annehmen, dass die Zersetzung der Kohlensäure und die Bildung organischer Substanz, wenigstens der Kohlenhydrate an gewisse in der Pflanze vorhandenen fertigen organischen Substanzen gebunden ist. Dieselben bestehen aus einer stickstoffhaltigen, proteinartigen Masse, an welcher ein grüner Farbstoff — das Chlorophyll — haftet. Wie ich bereits in dem ersten Abschnitte gezeigt habe, befindet sich dieses in den der Oberfläche naheliegenden Zellen des Rindenparenchyms, wenigstens bei allen höherorganisirten Pflanzen; es tritt uns daselbst in Gestalt grüner Körner entgegen, die ihrem grössten Theile nach aus einer Proteinsubstanz bestehen, den Farbstoff aber nur in äusserst geringer Menge enthalten.

Lange schon wusste man, dass gerade den grünen Pflanzentheilen und vor allen anderen den Blättern das Vermögen zukomme, Kohlensäure zu zerlegen; in jüngerer Zeit erst sind die in der Nähe des Chlorophylls stattfindenden Vorgänge näher untersucht worden, und verdanken wir viele Aufklärung den schönen Untersuchungen von Julius Sachs, auf welche ich sogleich zurückkommen werde.

Insofern das Licht von unbedingter Nothwendigkeit für die Zerlegung der Kohlensäure ist, so müssen gerade die Blätter, welche in grösster Fläche der Insolation ausgesetzt sind, die

geeignetsten Organe zu diesen Vorgängen darstellen und weil mit denselben die Bildung gewisser organischer Stoffe zusammenhängt, so müssen wir gerade die Blätter als die hauptsächlichsten Assimilationsorgane der Pflanze ansehen. Nicht alle Pflanzen bilden wirkliche Blätter, sondern nur flächenartige oftmals sogar wenigzellige Ausbreitungen, die dann auch grün gefärbt und als die Assimilationsorgane zu betrachten sind. Niedrig organisirte Pflanzen, welche keine flächenartigen Ausbreitungen bilden, einzellige Algen, Fadenalgen u. s. w., enthalten ebenfalls Chlorophyll, oft aber auch einen rothen Farbstoff, welcher sich in seinen Wirkungen dem Chlorophyll gleich zu verhalten scheint. Höherorganisirte blattlose Pflanzen, wie die Cacteen, verhalten sich in ihrer Stengeloberfläche den Blättern gleich, überhaupt die grüne mit Spaltöffnungen versehene Rinde krautiger Pflanzen. Gewöhnlich ist die Fläche der grünen Rinde im Verhältnisse zur Blattoberfläche sehr gering und demgemäss kann auch die Assimilation in dieser quantitativ nur unbeträchtlich sein. Ich werde in Zukunft nur die Blätter als die eigentlichen Assimilationsorgane betrachten, wobei ich es als selbstverständlich voraussetze, dass in dem übrigen grüngefärbten mit Spaltöffnungen versehenen Pflanzentheile die Assimilationsvorgänge dieselben sind.

Julius Sachs*) liess Pflanzen vom Keime an sich in dunkelem Raume entwickeln und zwar solche Pflanzen, deren Samen soviel organische Stoffe aufgespeichert enthalten, dass mit deren Hülfe die Pflanze sich bis zu mehreren Blättern entwickeln kann, also Mais, Bohnen u. s. w. Die im Dunkeln erzogene Pflanze ist vergeilt (etiolirt), d. h. hoch aufgeschossen, schmächtig und gelb. Chlorophyll ist in den Blättern noch nicht zugegen. In jenen Zellen, in welchen man später Chlorophyll findet, ist das Protoplasma Anfangs in einer homogenen der innern Zellwand anliegenden Schicht vorhanden, welche später in rundliche Körner von gelber Farbe zerfällt und zum grössten Theile aus proteinartigen Stoffen besteht. Die im Dunkeln gezogene Pflanze wächst solange fort, bis alle Stoffe des Samens verbraucht sind, alsdann macht sie in ihrem Wachsthum einen Stillstand und geht schliesslich zu Grunde, wenn sie nicht an's Licht kommt. Sobald

*) Siehe Ausführliches darüber in den Annalen der Landwirthschaft in den preuss. Staaten. 1863. Heft I. S. 20.

wie der Wachsthumsstillstand eingetreten ist, findet sich in der ganzen Pflanze kein Stärkemehl mehr, das im Samen enthaltene hat sich in zellbildende Stoffe, in Zucker und Cellulose, verwandelt. Setzt man nun solche Pflanzen dem Lichte aus, so werden die Blätter je nach der Intensivität des Lichtes früher oder später grün und die gelben Chlorophyllkörner nehmen eine intensive grüne Färbung an, was gewöhnlich mit einer Vergrösserung derselben einhergeht. Auch jetzt findet sich in den Blattzellen noch keine Stärke; es tritt dieselbe erst auf, wenn die Pflanze 8—14 Tage dem Lichte ausgesetzt gewesen ist. Anfänglich findet man nur in der Substanz der grünen Chlorophyllkörner kleine Stärkekörnchen und scheint es dann fast, als ob die Substanz der Chlorophyllkörner in Stärke verwandelt worden sei. Später häufen sich in den Blattzellen Stärkekörner an und man findet sie dann allmählig fortschreitend zuerst in den Blattnerven, dann in den Blattstielen, endlich in dem Stengelparenchym, in welchem sie um so weiter nach oben und unten fortgeschritten sind, je länger die Pflanze dem Lichte ausgesetzt war.

Ob nun die Stärke als das erste organische Product, zu welchem die anorganischen Stoffe zusammentreten, zu betrachten ist, liess sich mikrochemisch nicht feststellen; wahrscheinlich geht der Stärke ein anderer bis jetzt uns noch unbekannter organischer Stoff voran, wir wollen ihn Amylogen nennen, welcher sich in den Blattzellen unter Mitwirkung des Chlorophylls bildet; aus diesem erst scheidet sich dann Stärke in Form von Körnern, zuerst natürlich in den Chlorophyllkörnern, wo er gebildet wird, dann aber auch in dem Inhalte der Chlorophyllzellen und weiter da, wohin er sich verbreitet, ab. Wir können uns denselben als einen flüssigen, in Wasser löslichen, der Stärke chemisch jedenfalls nahestehenden Stoff denken. Die Annahme eines solchen — einer flüssigen Stärke?! — müssen wir annehmen, um die Wanderung der Stärke erklären zu können, denn die Stärke in ihrer in Wasser unlöslichen Form kann nicht die Zellenwandungen durchdringen und nicht von einer Zelle zur andern wandern, nicht aus den Blättern in den Stengel und in die Fruchtorgane. Dieser Stoff ist es, welcher aus einer Zelle in die andere wandert, von den Blättern aus immer weiter in die Pflanze vordringt und auf seinem Wege Stärkekörner ausscheidet und zurücklässt. Aus den Blattzellen diffundirt das Amylogen auf die naheliegenden Zellen und während

sich aus ihr Stärkekörner ablagern, diffundirt ein anderer Theil des Amylogens weiter; auf dem ganzen Wege also, auf welchem die amylogene Substanz diffundirt, bleibt Stärke in den Zellen zurück. So können wir uns wenigstens die Sache vorstellen.

Wie ich früher (S. 263) mitgetheilt habe, stellt Julius Sachs sich die Stärkewanderung so vor, dass in gewissen Zellen, also zunächst in den chlorophyllhaltigen Blattzellen, Stärke in Körnerform ausgeschieden wird, die Körner sich wieder lösen, die gelöste Stärke die Zellenwandungen durchdringt, um in den Zellen, in welche sie eintritt, von Neuem wieder ausgeschieden zu werden und durch neue Auflösung u. s. w. weiter zu wandern. Aber auch diese Erscheinungen berechtigen uns zu der Annahme einer löslichen Stärke, mögen wir sie uns chemisch der gewöhnlichen Stärke gleich, oder etwas verschieden denken.

Zur Erzeugung des Amylogens oder des Amylum sind Licht und Chlorophyll die nothwendigsten Bedingungen, die Sachs'schen Versuche sprechen entschieden dafür. Solange wie in den etiolirten Pflanzen kein Chlorophyll zugegen ist, findet sich dort auch keine Stärke und jedenfalls auch keine amylogene Substanz, denn diese würde sich auch ohne Chlorophyll in Stärke verwandeln können, falls sie ein Kohlenhydrat ist, was keinen Zweifel erleidet; wenigstens berechtigt uns zu dieser Annahme die leichte Wandelbarkeit der Kohlenhydrate. Die etiolirte Pflanze bedarf schon einer 8—14 Tage langen Einwirkung intensiven Lichtes, ehe die erste Stärke zu finden ist.

Welchen Antheil die Proteinsubstanz der Chlorophyllkörner an der Amylogenbildung hat, und ob sie überhaupt directen Antheil darin nimmt, wissen wir nicht; der Umstand, dass sich, so lange kein Chlorophyll in ihr enthalten ist, auch keine Stärke zeigt, dürfte zu dem Schlusse berechtigen, dass sie keinen directen Antheil hat, dass sie nur in soweit auf die Amylogenbildung einwirkt, als sie zur Chlorophyllentwicklung nöthig ist.

Hinsichtlich des Lichtes ist bekannt, dass ein gewisser Grad von Intensivität nöthig ist, wenigstens bei vielen Pflanzen, um die Amylogenbildung einzuleiten. Sachs beobachtete, dass sich in dem Halbdunkel eines Zimmers, wobei noch bequem gelesen und geschrieben werden konnte, Pflanzen zwar Chlorophyll entwickelten und sich grün färbten, dass in ihnen sich jedoch keine Stärke bildete. Stärke war in diesen Pflanzen erst zugegen, nachdem sie

8—14 Tage an einem Südfenster gestanden hatten. Im directen Sonnenlichte muss demnach die Amylogen- oder Stärkeerzeugung am stärksten sein.

Wie es scheint, bedarf das Chlorophyll zu seinem Entstehen des Sonnenlichtes nicht, denn es entsteht in manchen Pflanzen an Stellen, wohin kein Licht oder wenig schwache Lichtstrahlen dringen; nach den vorstehenden Versuchen kann man jedoch nicht verkennen, dass eine Pflanze in grösserer Menge das Chlorophyll nur erzeugen kann, wenn sie Licht empfängt.

Zur Amylogenerzeugung ist ebenfalls eine gewisse Temperatur nöthig; Cloëz und Gratiolet glauben aus Versuchen, welche sie mit Wasserpflanzen anstellten, schliessen zu müssen, dass zur Zersetzung der Kohlensäure eine Temperatur von mindestens 10° C. nöthig sei; diese Temperatur dürften wir dann auch für Erzeugung des Amylogens annehmen.

Wenn ich bis jetzt ausschliesslich nur von dem Stärkemehl gesprochen habe, der anderen stickstofffreien Bestandtheile der Pflanze aber nicht erwähnte, so wird der Leser sich das schon aus der früheren Andeutung, dass diese letzteren Derivate oder Abkömmlinge von Stärkemehl sind, erklärt haben. Zucker, Gummi, Dextrin, Inulin, Fette, Pflanzensäuren u. dgl. können aus dem Stärkemehl hervorgehen, und die meisten können auch in dieses wieder zurückgeführt werden. In der Runkelrübe sehen wir das Stärkemehl sich in Zucker verwandeln, bei vielen Samen geht aus dem Stärkemehl Oel hervor, bei Früchten verwandelt es sich in Säuren u. s. w. Auf diese Umwandlung werde ich in einem anderen Capitel zurückkommen. Soviel wie wir wissen, werden alle diese Stoffe nicht direct aus den anorganischen Nahrungsstoffen erzeugt; doch kann man einen gewissen Einfluss der letzteren auf die Umwandlungsprocesse nicht ganz in Abrede stellen. Nur der Zucker scheint hier eine Ausnahme zu machen, auch er scheint direct aus den anorganischen Stoffen hervorgehen zu können ohne vorhergegangene Stärkebildung.

Die Küchenzwiebel (Allium Cepa) ist eine von den wenigen Pflanzen, in deren Chlorophyllkörnern niemals Stärke zu finden ist; dagegen findet sich in den Blättern dieser Pflanze eine auffallend grosse Quantität von Zucker und ähnlichen gelösten Substanzen. Die Stärkebildung ist bei dieser Pflanze überhaupt so beschränkt, dass man nur bei der sorgfältigsten Untersuchung

geringe Mengen Stärke in den Gefässbündelscheiden der Blätter und des Blüthenschaftes aufzufinden vermag. Wahrscheinlich ist hier aber der Zucker nicht das erste Product der Assimilation, sondern ihm scheint auch ein anderer Stoff vorangegangen zu sein, vielleicht die amylogene Substanz. Das Amylogen könnte ja in den chlorophyllhaltigen Zellen entstehen und direct in Zucker übergehen, sowohl in den Blattzellen selbst als auch anderwärts in der Pflanze. Wenn ich in Zukunft von jener ersten Form der stickstofffreien organischen Substanz spreche, welche aus der Assimilation der anorganischen Stoffe hervorgeht, so will ich dieselbe kurzweg Amylogen nennen, ohne demselben aber die Bedeutung zu unterlegen, dass nur Stärke aus derselben hervorgehen könne.

Nachdem ich bereits früher über die Beziehungen der Kohlensäure und des Wassers zu der Assimilation das Bekannte gesagt habe, bliebe mir noch übrig, von den Beziehungen der mineralischen Stoffe zur Assimilation und Amylogenbildung zu sprechen.

In wie weit die mineralischen Stoffe, welche bei den Landpflanzen von den Wurzeln, bei Wasserpflanzen auch durch die Wasserblätter aufgenommen und von hieraus über die Pflanze verbreitet werden, zur Bildung des Amylogens und zur Umwandlung dieses in andere stickstofffreie Stoffe beitragen, ist uns nicht bekannt; Alles was wir darüber wissen, ist, dass sie unentbehrlich sind, wie uns die Pflanzen beweisen, welche vom Keime an in destillirtem Wasser vegetiren und neue organische Masse nicht erzeugen. Man hat sich vielfach der Vermuthung hingegeben, dass das Kali in gewissen Beziehungen zur Bildung der Kohlenhydrate stände und manche Beobachtung spricht auch hierfür. So scheint für diese Vermuthung auch eine jüngst von Grouven gemachte Beobachtung über eine Krankheit des Klees zu sprechen.*) Diese Krankheit äusserte sich an dem Kleewuchse zur Zeit der Blüthe dieser Pflanzen durch eine Menge von braunen, mehrere Linien grossen Flecken kryptogamischer Gewächse (Pilze), mit welchen Blätter und Stengel überzogen waren und die eine entschiedene Misserndte des Klees zur Folge hatten. Die Analyse der organischen Bestandtheile ergab einen grösseren Gehalt an Proteinstoffen in der kranken Pflanze und eine entschiedene Armuth an zuckerartigen Stoffen in Vergleich mit einem unter ähnlichen Verhält-

*) Preuss. Ann. der Landwirthschaft, Wochenblatt 1861. Nr. 11 und 12.

nissen gewachsenen normalen Kleeheu. Correspondirend mit diesem Mangel an Kohlenhydraten wurde bei der Analyse der Mineralbestandtheile eine äusserst geringe Menge Kali gefunden. Die Asche des kranken Klees enthielt neben grossen Mengen von Kalk und Magnesia nur 3,32 Procent Kali, während aus der Asche eines gesunden Klees stets etwa die zehnfache Menge dieser Base gewonnen wird.

Vergleicht man die gleichen Organe von ein und derselben Pflanzenspecies und Varietät bei auf verschiedenen Feldern gewachsenen Exemplaren in Bezug auf das Verhältniss des Kalis zu den Kohlenhydraten, so wird man dieses Verhältniss selten übereinstimmend finden. Berechnet man z. B. die sämmtlichen stickstofffreien Bestandtheile der Haferblätter von verschiedenen Feldern auf die Formel $C_{12}\ H_{10}\ O_{10}$ oder $C_{12}\ H_{12}\ O_{12}$ und findet bei dem Hafer des einen Feldes das Verhältniss dieser zum Kali etwa wie 25: 1, so wird man schwerlich dieses Verhältniss bei den Blättern von anderen Feldern wiederfinden, oft sogar nicht einmal bei Blättern von verschiedenen Exemplaren, die auf ein und demselben Felde gewachsen sind. So verhält es sich auch mit den anderen Mineralstoffen. Diese Thatsache ist durchaus aber noch nicht geeignet, gewisse Beziehungen zwischen den stickstofffreien Stoffen und mineralischen Stoffen in Abrede zu stellen, denn wenn man einzelne Organe mit einander vergleicht, so muss man im Auge behalten, dass die gebildeten organischen Stoffe und die dabei in Mitwirkung gewesenen Mineralsubstanzen, sich nicht mehr alle in demselben Organ befinden und dass die einen vielleicht in grösserer Menge in andere Organe übergegangen sein können wie die anderen; auch muss man bedenken, worauf ich früher schon aufmerksam gemacht habe, dass die mineralischen Stoffe in ganzer Menge nicht gerade zur Amylogenbildung u. s. w. in Verwendung gewesen zu sein brauchen, ein Theil des Kalis z. B. kann von Säuren gebunden und dadurch dem Assimilationsprocesse entzogen gewesen sein. In jüngeren Blättern, in welchen die Assimilation und Bildung des Amylogens in lebhafter Thätigkeit begriffen ist, findet man einen grösseren Gehalt an Kali als in älteren Blättern; ob diese und ähnliche Thatsachen aber etwas für die Beziehungen der Mineralstoffe zur Bildung organischer Stoffe beweisen können, will ich vorläufig dahingestellt sein lassen.

Von allen mir bekannten Versuchen giebt nur ein Düngungs-

versuch von Nobbe mit Zuckerrüben einige Aufklärungen über die Beziehungen des Kali's zur Kohlenhydratbildung. Ich will diesen Versuch im Auszuge hier wiedergeben.*)

Das zum Versuche ausersehene Terrain war der Boden eines mässigfeuchten Krautgartens in Jena, der ursprünglich aus den Verwitterungsproducten der unteren Triasformation — bunter Sandstein, Gyps und Mergel — hervorgegangen ist. Seit vielen Jahren nicht oder vielleicht nie waren auf dem Versuchsfelde Rüben gebaut worden. Nachdem der Boden gehörig bearbeitet worden war, wurde er in Abtheilungen von je 1 Quadratmetre gebracht; jede Abtheilung sollte für 4 Rüben dienen und eins von den nachstehend genannten Düngesalzen erhalten. Am 24. April (1858) wurde der Samen gelegt. Die Düngesalze wurden aufgelöst, oder in Wasser suspendirt (die unlöslichen) und von diesen Lösungen wurde dem destillirten Wasser, womit die Pflanzen alltäglich begossen wurden, jedesmal etwas zugesetzt. Mitte Juni waren die Salzlösungen verbraucht. Als im Mai plötzlich die Pflanzen in Folge von Myriopoden anfingen zu welken, wurden sie ausgenommen, der Boden von dem Ungeziefer befreit, und auf jede Parzelle wieder 4 Pflanzen eingesetzt; natürlich wurden die Pflanzen wieder auf jene Parzellen eingesetzt, auf welchen sie auch vorher gestanden hatten. Später entwickelten sich die Rüben sehr gut und wurden Ende October geerndtet. Das Versetzen hatte den Pflanzen nichts geschadet.

Die Düngesalze waren:

I. 1. kohlensaures Kali, 2. kohlensaures Natron, 3. kohlensaures Ammoniak;

II. 4. phosphorsaures Kali, 5. phosphorsaures Natron, 6. phosphorsaurer Kalk (3 Ca O, P O_5), 7. phosphorsaure Ammoniak-Bittererde;

III. 8. salpetersaures Kali, 9. salpetersaures Natron;

IV. 10. Chlorkalium, 11. Chlornatrium, 12. Chlorammonium;

V. 13. schwefelsaures Kali, 14. schwefelsaures Natron, 15. schwefelsaures Ammoniak;

VI. 16. kieselsaures Kali;

VII. 17. und 18. ohne Düngung.

Die Erndteergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Band 3, S. 178 u. f.

Erndteergebnisse von 1 Quadratmetre.

Düngung.		Zahl der Rüben.	Durchschnittliches Gewicht von 1 Rübe in Kilogrammen.	Gesammtbetrag von Blättern und Rüben in Kilogrammen.	Frische Blätter in Kilogrammen.	Frische Rüben in Kilogrammen.	Producirte Zuckerernte in Grammen.	Producirte Menge N haltiger Substanz in Grammen.	Procentgehalt der frischen Rüben an Zucker.
Kohlensaures	Kali	4	1800	10,841	3,641	7,200	503,37	143,55	7,130
	Natron	4	820	6,752	3,390	3,362	192,74	90,48	5,733
	Ammoniak	3	503	3,822	2,312	1,510	65,92	20,93	4,169
Phosphorsaures	Kali	4	1921	14,685	7,000	7,885	861,11	234,58	11,205
	Natron	4	1169	8,363	3,688	4,675	159,74	95,49	4,187
	Kalk	4	1214	8,944	4,094	4,855	425,05	172,75	8,755
	Ammoniak-Bittererde	3	2117	11,475	5,125	6,350	408,13	214,55	6,427
Salpetersaures	Kali	4	2419	13,738	4,063	9,675	704,83	248,83	7,285
	Natron	4	1713	11,102	4,250	6,852	479,91	174,90	7,004
Chlor-	Kalium	4	2815	15,885	4,652	11,260	794,17	241,53	7,053
	Natrium	4	1442	9,645	3,875	5,770	381,80	149,37	6,617
	Ammonium	4	1324	7,545	2,250	5,295	475,33	183,34	8,977
Schwefelsaures	Kali	4	2414	15,346	5,688	9,658	759,02	392,82	7,859
	Natron	4	922	7,425	3,735	3,690	272,33	105,65	7,380
	Ammoniak	3	1087	4,698	1,438	3,260	280,46	74,55	8,603
Kieselsaures Kali		4	2200	13,550	4,750	8,800	485,06	204,04	5,512
Ungedüngt	I.	3	2745	12,647	4,412	8,235	701,55	274,69	6,767
	II.	4	2117	13,845	5,375	8,470	360,65	246,64	4,258
Ungedüngt im Mittel von I. u. II.		—	2431	13,256	4,893	8,352	531,10	260,67	5,512

Die vorstehende Tabelle zeigt sehr evident die Einwirkung des Kali's. Die meisten Kalisalze haben schwerere oder doch ebenso schwere Rüben producirt wie der ungedüngte Boden; in allen Fällen aber waren die Rüben bei den Kalisalzen schwerer wie bei den übrigen Salzen. Mit Ausnahme des kohlensauren Kalis, producirten die übrigen Kalisalze eine weit grössere Menge Zucker in den Knollen, als der ungedüngte Boden, wobei das salpetersaure und schwefelsaure Kali und das Chlorkalium ein beträchtlich grösseres Erndtegewicht an Rüben zeigen wie der ungedüngte Boden, während kohlensaures und phosphorsaures Kali ein geringeres Erndtegewicht an Rüben aufgebracht haben. Interessant ist es, das Erndtegewicht der Blätter mit dem der Rüben und des Zuckers bei den Kalisalzen gegenüber dem ungedüngten Boden zu vergleichen; es tritt dabei so recht die Einwirkung der Kalisalze auf die Zuckerbildung hervor. Ich habe in der folgenden Tabelle die Zahlen zusammengestellt.

Erndteergebnisse von 1 Quadratmetre.

Düngung.	Frische Blätter in Kilogrammen.	Frische Rüben in Kilogrammen.	Producirte Zuckermenge in Grammen.	Producirte Menge Nhaltiger Substanz in den Rüben in Grammen.
Ohne Düngung, Versuchsfeld II. . . .	5,375	8,470	360,65	246,64
Kohlensaures Kali .	3,641	7,200	503,37	143,55
Phosphorsaures Kali .	7,000	7,685	861,11	234,58
Salpetersaures Kali .	4,063	9,675	704,83	248.83
Chlorkalium	4,652	11,260	794,17	241,53
Schwefelsaures Kali .	5,688	9,658	759,02	392.82
Kieselsaures Kali . .	4,750	8,800	485,06	204,04

Bei dem phosphorsauren Kali hat sich die Blattmenge bedeutend erhöht, die Rübenmenge abgenommen, trotzdem aber die Zuckermenge beträchtlich erhöht; wir sehen bei diesem Salze also das Kali bei einer grösseren Blattmasse, die mehr Kohlensäure aufzunehmen und zu assimiliren vermag, die Zuckerbildung steigern und man darf einen Theil der Wirkung dem Kali zuschreiben, während der andere Theil der Phosphorsäure, welche blattproducirend wirkte, zufällt.

Das salpetersaure Kali producirte eine geringere Blattmasse wie der ungedüngte Boden, die Rübenproduction war aber etwas stärker und die Zuckerproduction viel bedeutender. Es vermochte hier die Blattmasse unter der Einwirkung des Kalis eine bedeutend grössere Menge Kohlensäure zu assimiliren und in Zucker (zuerst in Stärkemehl) zu verwandeln.

Bei dem Chlorkalium hat sich die Blattmasse gegenüber dem ungedüngten Boden etwas vermindert, die Production der Rüben ist hingegen bedeutend gestiegen und die Zuckermenge ebenfalls beträchtlich erhöht. Auch hier wurde unter dem Einflusse des Kalis von derselben Blattmenge, welche auf dem ungedüngten Boden 361 Gramm Zucker producirte, eine weit grössere Menge Kohlensäure assimilirt und in Kohlenhydrat, schliesslich in Zucker verwandelt.

Das schwefelsaure Kali erhöhte nicht nur die Erndte an Blättern, sondern auch an Rüben und die Production des Zuckers war gegenüber dem ungedüngten Boden bedeutend gestiegen. Bei diesem Salze fällt ebenfalls der grösste Antheil an der erhöhten Zuckerproduction dem Kali zu.

Dass das Kali in ganz bestimmten Beziehungen zur Bildung von Zucker steht, ist nach den Resultaten des Nobbe'schen Versuches unzweifelhaft. Wie vorhin gezeigt wurde, ist die Zuckerbildung keine directe, sondern derselbe entsteht durch eine Umwandlung der Stärke. Es fragt sich nun, ob das Kali diese Umwandlung der Stärke in Zucker beinflusst oder ob das Kali in Beziehungen zur Stärkebildung, also zur Assimilation der Kohlensäure steht, wie ich vorhin vorläufig annahm. Die vermehrte Zuckerproduction auf eine vermehrte Umwandlung von Stärke in Zucker herzuleiten, wird wohl nicht leicht Jemandem einfallen, denn das setze voraus, dass in den mit anderen Salzen gedüngten Pflanzen eine ebenso grosse Menge Stärke gebildet worden, aber nicht zur Umwandlung in Zucker gelangt sei. Physiologisch ist dieses aber nicht möglich, weil wir eine Anhäufung von Stärke in den Runkelrüben nicht kennen; in dem Versuche müsste sich eine solche Anhäufung von Stärke auch in der Zunahme der organischen Pflanzenmasse überhaupt kundgegeben haben, d. h. es müsste auf den mit Natron- und Ammoniaksalzen gedüngten Parzellen eben soviel organische Pflanzenmasse producirt worden sein, wie auf den mit Kalisalzen gedüngten, was aber nicht der Fall war.

Will man aber die Zuckerbildung in den Runkelrüben als eine directe ansehen, d. h. direct aus der Assimilation der anorganischen Stoffe hervorgehen lassen und dann das Kali in Beziehung zur Zuckerbildung bringen, so verschlägt das weiter nichts, denn es zeigte sich auch hier das Kali in Beziehung zur Kohlenhydratbildung durch Assimilation, worauf es ja nur ankommt.

Es liesse sich nun noch behaupten, dass das Kali zunächst der Proteinstoffbildung diene und eine vermehrte Proteinstoffbildung auch eine vermehrte Kohlenhydratbildung zur Folge habe. Dass dem aber nicht so ist, beweisen die Verhältnisszahlen zwischen producirter Zuckermenge und Proteinstoffmenge; wie wir sehen, stehen diese in keinem Verhältnisse zu einander.

Ein anderer Einwurf, welcher sich den obigen an die Nobbe-schen Versuche geknüpften Relationen machen liesse, wäre der, dass die Kalisalze als solche nicht gewirkt, sondern im Boden andere Stoffe gelöst hatten, welche zur Kohlenhydrat- und Proteinstoffbildung in Beziehung stehen. Aber auch dieser Einwurf muss zurückgewiesen werden, denn es ist bekannt, dass die Natronsalze eben so stark und die Ammoniaksalze noch stärker lösend auf im Boden absorbirte Nährstoffe wirken, als die Kalisalze.

Die Bildung der stickstoffhaltigen organischen Substanz.

Die stickstoffhaltigen organischen Substanzen können wir uns in zwei Hauptgruppen zerlegt denken: 1. Eiweissartige oder kurzweg Proteinstoffe, welche man allgemein durch Formel $C_{55}\ H_{37}\ N_4\ O_{12}$, S, P(?) ausdrücken kann und wozu Eiweiss, Kleber und Legumin gehören; 2. Die Alkaloide und ähnliche Stoffe, welche ärmer an Stickstoff als die der ersten Gruppe sind. Jene kommen in grösserer Menge in allen Pflanzen vor, diese aber immer in äusserst geringen Mengen und manchen Pflanzen scheinen sie ganz zu fehlen, so bei unseren Getreidearten, während sie bei einigen Gräsern vorhanden sind, z. B. bei dem Taumellolch (Lolium temulentum), dessen giftige Wirkung darauf hindeutet; in den Kartoffeln findet sich ein giftiges Alkaloid, Solanin, welches sich vorzüglich in den Keimen sammelt; die Tabakpflanze enthält ebenfalls ein höchst giftiges Alkaloid, das Nicotin; der Salat ein morphiumähnliches Alkaloid oder vielleicht selbst Morphium, was sich in grösserer Menge im Mohn entwickelt; u. s. w.

Man vermuthet, dass die Alkaloide und verwandte Stoffe sich aus Proteinsubstanzen hervorbilden und es ist dies auch nicht unwahrscheinlich, doch wissen wir nichts Näheres darüber. Eigenthümlich ist, dass wir diese Stoffe fast ausschliesslich in dem Safte der Bastzellen, besonders in den Milchsaftgefässen finden.

Eine grössere Bedeutung für uns haben die Stoffe der ersten Gruppe und wir werden deshalb diesen auch hauptsächlich unsere Aufmerksamkeit widmen.

Dass zu der Erzeugung proteinartiger Stoffe stickstoffhaltige Nahrungsstoffe beitragen müssen, ist selbstverständlich, und weil wir als solche nur Ammoniak und Salpetersäure kennen und weil durch die verschiedensten und correctesten Untersuchungen feststeht, dass der freie Stickstoff der Atmosphäre in der Pflanze nicht gebunden und assimilirt wird und nicht zur Ernährung der Pflanzen beiträgt, so müssen wir die ebengenannten Stoffe als in erster Reihe bei der Proteinstoffbildung thätig betrachten. Salpetersäure (und vielleicht salpetrige Säure) und Ammoniak liefern allein der Pflanze den Stickstoff bei der Proteinstoffbildung.

Wie wir oben gesehen haben, bestehen die proteinartigen Stoffe aus C, H, N, O, S, mithin ist ausser stickstoffhaltigen Nährstoffen auch ein schwefelhaltiger Nährstoff nothwendig und dieser wird in den schwefelsauren Salzen zu suchen sein. Dieser Schwefel ist nicht zu verwechseln mit dem Schwefel der Schwefelsäure, die ebenfalls meistens in Pflanzen gefunden wird, die Schwefelsäure hat mit der Zusammensetzung der Proteinstoffe nichts zu thun; der in den proteinartigen Stoffen enthaltene Schwefel ist, ebenso gut wie der Stickstoff, als organischer anzusehen. Ob Schwefelwasserstoff, wenn derselbe in einer der Pflanze unschädlichen Menge eintritt, auch den organischen Schwefel zu liefern vermag, muss vorläufig dahingestellt bleiben; übrigens würde die Menge des als Schwefelwasserstoff der Pflanze gelieferten Schwefels immer kaum beachtenswerth sein, wenigstens bei Culturpflanzen.

Noch ist es nicht ausgemacht, ob in den pflanzlichen Proteinstoffen auch organischer Phosphor enthalten ist, die eiweissartigen Stoffe scheinen keinen zu enthalten. Mayer leugnet ihn für die eiweissartigen Körper der Pflanze; Norton will im Legumin — einem Proteinstoff der Hülsenfrüchte — organischen Phosphor

gefunden haben. Mulder sagt hierüber: „Ich bleibe bei der Ansicht, dass in einigen Eiweissstoffen sogenannter organischer Phosphor vorkommt — —. Die Menge desselben ist indessen bei den meisten sehr gering, so dass z. B. die Phosphorsäure, welche in der Asche der Körner vorkommt, ohne merklichen Fehler auch als Phosphorsäure im Korn selbst gedacht werden kann. Bei leguminhaltigen Stoffen ist die Menge grösser".*) Enthalten nun die proteinartigen Stoffe in ihrer Zusammensetzung Phosphor, so muss derselbe offenbar von den phosphorsauren Salzen herrühren und es müssten solche zur Proteinstoffbildung zersetzt werden. Ueberall aber finden wir die Proteinstoffe in Begleitung von Phosphorsäure oder, wie es scheint, von phosphorsauren Salzen. Wäre nun auch zur Bildung der Proteinstoffe kein Phosphor nöthig, so würden wir die phosphorsauren Salze doch nicht hinwegleugnen können; doch mögen dieselben weniger zur Bildung der Proteinstoffe beitragen als vielmehr andere Functionen zu verrichten haben. Wie ich bereits früher (S. 271) gezeigt habe, ist es wahrscheinlich, dass basisch phosphorsaure Salze die Löslichkeit und Durchgangsfähigkeit der Eiweissstoffe bedingen; sollte nicht die Function der Phosphorsäure hierin allein zu suchen sein? An dem eben angeführten Orte habe ich schon darauf hingewiesen, dass überall da, wo wir die eiweissartigen Substanzen in grösserer Menge auf Wanderung begriffen finden, dies auch bei der Phosphorsäure stattfindet, dass dabei aber keine bestimmte Verbindung von Phosphorsäure oder phosphorsauren Salzen und Eiweiss wandert, sondern Phosphorsäure und Stickstoff in sehr von einander abweichenden Verhältnissen gefunden werden. Es deutet der letztere Umstand darauf hin, dass die Phosphorsäure oder ihre Salze nicht ein nothwendiger Bestandtheil der Eiweissstoffe zu sein brauchen und zu ihrer Bildung nicht erforderlich sind. Uebrigens ist aus Vegetationsversuchen auch bekannt, dass der Mangel an Phosphorsäure weniger das Wachsthum der Pflanze verhindert wie der Mangel an Schwefelsäure. Denken wir uns, die Function der Phosphorsäure beschränke sich auf das Vermögen, die Eiweissstoffe zu lösen, so können wir uns ohne dieselbe auch wohl kaum ein Wachsthum der Pflanze denken, denn die Eiweissstoffe sind

*) Mulder, die Chemie der Ackerkrume. Deutsch bearbeitet von Joh. Müller 1862. Band II. S. 372.

dann am Wandern verhindert und können nicht zum Orte der Zellenvermehrung, zum Orte des Wachsthums, gelangen. Mögen nun die Eiweissstoffe die Phosphorsäure nur zum letztern Zwecke nöthig haben, oder mag auch Phosphorsäure zersetzt und ihr Phosphor als organischer in Eiweissstoffe eintreten, so viel steht fest, dass Phosphorsäure zu den Eiweissstoffen in bestimmten Beziehungen steht.

Den Pflanzen wird der Stickstoff durch Ammoniaksalze oder salpetersaure (salpetrigsaure) Salze geliefert. Durch die correctesten Versuche ist dargethan worden, dass Pflanzen den Stickstoff der Luft nicht assimiliren. Boussingault liess Pflanzen vom Keime an in ausgeglühter Erde unter grossen Glasglocken wachsen, deren Luft frei von Ammoniak und Salpetersäure war. Von seinen Resultaten will ich nur einige hier anführen. Es wurde der Stickstoff der Samen und der späteren Pflanzen bestimmt und es ergab sich:

bei	ein Gewinn oder Verlust während der Vegetation in Grammen:
Zwergbohnen	— 0,0009
Hafer	— 0,0011
Weisse Lupinen . . .	+ 0,0003
dto.	— 0,0036
Zwergbohnen	+ 0,0006

Es ist bei diesen Versuchen in den günstigsten Fällen wohl kaum von einer Stickstoffzunahme zu sprechen. Die neueren Versuche von Brettschneider ergaben ziemlich dieselben Resultate; bei einer Lupine ergab sich in den Pflanzen ein Mehrgewicht von Stickstoff über den Stickstoffgehalt des Samens von 0,0015 Gramm, bei Zwergbohnen ein Verlust von 0,0020 Gramm. Lawes, Gilbert und Pugh bestätigten ebenfalls die Resultate des Boussingault'schen Versuches.

Als Stickstoffquellen haben wir demnach den Ammoniak- und Salpetersäuregehalt des Bodens und der Atmosphäre zu betrachten und, was bis jetzt übersehen worden ist, die Entwicklung des salpetrigsauren Ammoniaks bei der Verdunstung aus den Blättern. Indirect vermag also der Stickstoff der Luft, indem er sich in Salpetersäure und Ammoniak verwandelt, zur Ernährung der Pflanze beizutragen.

Sind die Pflanzen aber nur auf die Stickstoffnahrung ange-

wiesen, die ihnen aus Atmosphäre und durch Verdunstung geliefert werden, so können sie wohl alle Stadien ihrer Entwicklung durchmachen, die Production der Pflanzenmasse bleibt aber unbeträchtlich. Wir brauchen nur die wildwachsende Flora des armen Sandes unseres Klima's anzusehen, um dafür Belege zu haben; da sehen wir eine Vegetation, die alle Stadien ihrer Entwicklung durchläuft, in ihrer Masse indess gering bleibt; der Boden liefert ihnen zu wenig Stickstoffnahrung.

Besonders den Culturpflanzen muss der grösste Theil der Stickstoffnahrung durch den Boden als Dünger zugeführt werden, sollen sie reiche Erndten geben.

Ob die Ammoniak- oder die salpetersauren Salze bei der Ernährung der Pflanze den Vorzug haben, oder ob beide gleich nöthig sind, ist noch nicht entschieden; soviel steht jedoch fest, dass beide der Pflanze den Stickstoff liefern können. Bei einzelnen Vegetationsversuchen ist es gelungen, normale Pflanzen mit beträchtlicher Vermehrung der Pflanzenmasse ohne Ammoniaksalze bei Gegenwart von salpetersauren Salzen zu erziehen; bei anderen Versuchen wollte es nicht gelingen. Ohne Ammoniak- und salpetersaure Salze entwickelt die Pflanze sich nicht; sie bringt es nicht über die Keimentwicklung hinaus, d. h. sie entwickelt sich nur solange, als die im Samen angehäuften organischen Stoffe zur Ernährung dienen; sind diese verbraucht, so geht die Pflanze zu Grunde.

Erzieht man Pflanzen in wässerigen Lösungen, in welchen phosphorsaure und schwefelsaure Pflanzen fehlen oder eins von beiden nicht zugegen ist, so bringen sie es ebenfalls nicht über das Stadium der Keimentwicklung hinaus, sobald als die organischen zellenerzeugenden Stoffe des Samens verbraucht sind, hört das Wachsthum auf und die Pflanzen sterben; eine Vermehrung der Pflanzenmasse, mithin auch der Proteinsubstanzen ist nicht zugegen, die neue Pflanze ist in ihrem Trockengewichte nicht schwerer als der Same.

Derartige Versuche sind indess nicht geeignet, zu zeigen, in welchen Beziehungen Schwefelsäure und Phosphorsäure zu den einzelnen organischen Stoffen stehen, ob sie zu der Bildung der Proteinsubstanzen nöthig sind; wir setzen dieses voraus, weil sich in den Proteinsubstanzen Schwefel und Phosphor findet; die ge-

nannten Stoffe könnten auch noch eine andere Rolle in der Pflanze spielen.

Der auf Seite 308 erwähnte Versuch von Nobbe mit Düngung verschiedener Salze auf Runkelrüben ist geeignet, die Function der verschiedenen Säuren bei der Bildung der Proteinsubstanzen einigermaassen klar zu machen; es wurden indess nur die Rüben selbst auf Proteinsubstanzen untersucht, nicht die Blätter, und liesse dies einen Einwand gegen die an die untenstehenden Zahlen geknüpften Relationen zu.

Aus der früher mitgetheilten Tabelle (S. 309) stelle ich die darauf bezüglichen Zahlen in der folgenden Tabelle zusammen und lege ich die ungedüngte Parzelle No. II. zu Grunde, weil diese wie die zu vergleichenden Parzellen der Kalisalze 4 Rüben trug.

Es wurde auf 1 Metre stickstoffhaltige Substanz producirt in Rüben:

bei	Gramme:
Ungedüngt No. II. . .	246,64
kohlensaurem Kali . .	143,55
phosphorsaurem Kali .	234,58
salpetersaurem Kali . .	248,83
Chlorkalium	241,53
schwefelsaurem Kali .	392,82
kieselsaurem Kali . .	204,04

Es ist auffallend, von dem schwefelsauren Kali einen so bedeutenden Effect zu sehen. Alle übrigen Säuren brachten es nicht über die Production der ungedüngten Parzelle hinaus, selbst Phosphorsäure und Salpetersäure nicht, offenbar weil in dem ungedüngten Boden eine zur Proteinstoffbildung genügende Menge jener Stoffe zugegen war. Die Schwefelsäure vermochte eine solche Wirkung jedoch nur in Verbindung mit dem Kalisalze hervorzubringen, denn die anderen schwefelsauren Salze standen in ihrer Productionsfähigkeit weit unter dem salpetersauren Salze und den Chlorverbindungen, das phosphorsaure Natron hatte aber weniger erzeugt wie das schwefelsaure Natron. Ich kann indess die Bemerkung nicht unterlassen, dass die Natron- und Ammoniaksalze nur ungünstig gewirkt haben; denn bei ihnen wurde die Production unter die der ungedüngten Parzellen herabgedrückt.

Mit mehr Sicherheit lassen sich die nahen Beziehungen zwischen

Eiweisstoffen in einem Versuche von Theodor Siegert zeigen. Eine Anzahl gleich grosser Parzellen wurden mit Winterweizen, Winterroggen und Sommerweizen besäet, worauf die verschiedenen Parzellen verschiedene Düngung erhielten. Für jede Frucht war eine Reihe gebildet. Die erste Parzelle jeder Reihe blieb ungedüngt, die zweite Parzelle jeder Reihe erhielt 114 Gramm Stickstoff in Form von schwefelsaurem Ammoniak, die dritte eine gleiche Menge Stickstoff in Form von salpetersaurem Kalk, die vierte 152 Gramm Phosphorsäure als sauren phosphorsauren Kalk, die fünfte 152 Gramm Phosphorsäure als sauren phosphorsauren Kalk und 114 Gramm Stickstoff als schwefelsaures Ammoniak und endlich die sechste Parzelle 152 Gramm Phosphorsäure als sauren phosphorsauren Kalk und 114 Gramm Stickstoff in Form von salpetersaurem Kalk. Die Stickstoffproduction auf jeder Parzelle ist in folgender Tabelle zusammengestellt; da aber der Stickstoff die Proteinstoffe anzeigt, so werden wir in den mitgetheilten Zahlen auch die Production von Proteinstoffen beurtheilen und vergleichen können.

Es waren producirt worden an Stickstoff in Grammen:

Düngung.	Winterweizen:			Winterroggen:			Sommerweizen:		
	Körner.	Stroh.	zusammen.	Körner.	Stroh.	zusammen.	Körner.	Stroh.	zusammen.
Ungedüngt	53	29	82	70	19	89	40	14	54
Schwefels. Ammoniak .	84	41	125	77	30	107	54	21	75
Sapetersaurer Kalk . .	50	25	75	91	22	113	50	16	66
Saurer phosphors. Kalk	45	25	70	68	18	86	44	16	60
Saurer phosphors. Kalk + schwefels. Ammoiak	71	43	114	80	27	107	46	18	64
Saurer phosphors. Kalk + salpetersaurer Kalk	58	36	94	76	23	99	49	17	66

Bei Winterweizen und Sommerweizen fallen die höchsten Erträge in Korn und Stroh auf das schwefelsaure Ammoniak und dasselbe Salz mit saurem phosphorsaurem Kalke verbunden. Der Roggen macht hier eine Ausnahme, bei ihm fallen die höchsten Stickstofferträge auf den salpetersauren Kalk.

Gegen die an die vorstehenden Zahlen geknüpften Relationen

lässt sich die Behauptung nicht geltend machen, dass die schwefelsauren Salze anderweitige Stoffe im Boden gelöst hätten, welche auf die Proteinstoffbildung gewirkt haben könnten, denn die mit schwefelsaurem Ammoniak und diesem und saurem phosphorsauren Kalk gedüngten Parzellen enthalten in den erzeugten Producten nicht den höchsten Procentgehalt an Asche; dieser fällt auf die ungedüngten Parzellen.

Düngungsversuche mit Gyps, schwefelsaurem Natron und Kali auf Klee zeigten eine bedeutend erhöhte Production der eiweissartigen Stoffe; ich werde auf diese Versuche bei einer spätern Gelegenheit zurückkommen.

Gegenüber der Thatsache, dass die Proteinstoffe Schwefel enthalten und dieser nur durch die schwefelsauren Salze der Pflanze geliefert werden kann, ist es merkwürdig, dass in der landwirthschaftlichen Düngungslehre bisher so wenig Gewicht auf die schwefelsauren Salze gelegt worden ist.

Wenn salpetersaure, phosphorsaure und schwefelsaure Salze zur Proteinbildung verwendet werden, wenn sie überhaupt assimilirt werden sollen, so müssen sie entweder zunächst von ihren Basen getrennt und dann desoxydirt werden, oder, was für die schwefelsauren und phosphorsauren Salze wahrscheinlicher ist, weil es mit bekannten chemischen Erscheinungen übereinstimmt, der Sauerstoff geht fort und Phosphor und Schwefel treten an das Metall der Base und bilden Schwefel- und Phosphormetalle, Schwefelcalcium, Schwefelkalium u. dgl. So verwandelt sich z. B. schwefelsaurer Kalk unter dem Einflusse sich zersetzender organischer Stoffe in Schwefelcalcium. Die Salpetersäure, indem sie Sauerstoff verliert, kann künstlich in die Zusammensetzung organischer Stoffe eingeführt werden. Wenn man nämlich Cellulose mit Schwefelsäure und Salpetersäure behandelt, so verliert die Cellulose Wasserstoff und an seine Stelle tritt eine Stickstoffsauerstoffverbindung von der Formel $N\,O_4$ ein; es bildet sich Nitrocellulose (Schiessbaumwolle). Aus $C_{12}\,H_{10}\,O_{10}$ wird $C_{12}\left\{\begin{matrix}H_8\\2\,N\,O_4\end{matrix}\right\}O_{10}$; es sind also 2 Aequivalente H durch 2 Aequivalente $N\,O_4$ substituirt worden; die 2 Aequivalente $N\,O_4$ rühren von 2 Aequivalenten Salpetersäure ($N\,O_5$) her und man kann sich denken, dass die aus der Salpetersäure freigewordenen 2 Aequivalente O mit den aus der Cellulose ausgetretenen 2 Aequivalenten H zu Wasser zu-

sammengetreten sind. Auf diese Weise werden Substitutionsproducte von Stärke und vielen anderen organischen Stoffen erzeugt und stickstoffhaltige Verbindungen gebildet.

Wir können uns nun denken, dass die Bildung der Proteinsubstanzen durch verwandte Vorgänge vor sich geht; doch haben wir bis jetzt nichts beobachtet, was uns eine gegründete Ahnung derartiger Vorgänge gestattet, ja wir haben nicht einmal etwas, welches das Vorkommen solcher Vorgänge in der Pflanze uns anzeigt. Es ist die Frage des Wie? der Assimilation eine der trostlosesten Seiten der Pflanzenphysiologie.

Dass die Assimilation salpetersaurer Salze unter Freiwerden der Base vor sich gehe, dürfte ganz besonders aus den Vegetationsversuchen in Wasser geschlossen werden; giebt man der Nährstofflösung eine grössere Menge salpetersauren Kali's oder Kalkes, so wird dieselbe während der Vegetation der darin wachsenden Pflanze immerfort alkalisch; stumpft man die Alkalinität heute ab, so wird sie nach einigen Tagen schon wieder eingetreten sein. Es ist dieses die Ursache des schlechten Erfolges der ersten derartigen Vegetationsversuche gewesen. Es muss demzufolge in der Pflanze ein Salz zerlegt werden, dessen Base, wenn sie nicht in genügender Menge organische oder anorganische fixe Säuren vorfindet, an Kohlensäure tretend, aus der Pflanze hinaus diffundirt; gleichzeitig wird dabei auch die Vegetation der Pflanze selbst gestört, sie wird chlorotisch und stirbt. Diese Erscheinungen hat man, wie schon bemerkt, hauptsächlich dann beobachtet, wenn die Nährstofflösung ein Uebermaass von salpetersauren Salzen und keine Ammoniaksalze enthielt.

Eine Pflanze, die bei der vorhin geschilderten Vegetation chlorotisch geworden ist, erholt sich wieder, wenn man schwefelsaures oder phosphorsaures Ammoniak zusetzt oder durch freie Säuren schwach ansäuert. Das Ammoniak scheint dabei zersetzt und die Säure frei zu werden, welche letztere alsdann die aus salpetersauren Salzen frei werdende Base bindet. Bei dem normalen Vegetationsprocesse wird das Ammoniak auf ähnliche Weise eine Zerlegung erleiden. Man stellt künstlich aus Ammoniak Verbindungen organischer Natur dar, in welchen der Wasserstoff des Ammoniaks ausgeschieden und durch organische Stoffe substituirt wird; bezeichnen wir den organischen Stoff mit R, so entsteht z. B. aus

$$NH_3 = N\begin{cases}H\\H\\H\end{cases} \quad - \quad 1.\ N\begin{cases}R\\H\\H\end{cases} \text{ oder } 2.\ N\begin{cases}R\\R\\H\end{cases} \text{ oder } 3.\ N\begin{cases}R\\R\\R\end{cases}$$

welche erste Reihe von Substitutionsproducten Amide, die zweite Reihe Inile und die dritte Reihe Nitrile heissen. Man kann sich nun die Zersetzung des Ammoniaks auf ähnliche Weise vorstellen, das Ammoniak verliert Wasserstoff und an seine Stelle tritt eine organische Verbindung — Kohlenhydrat, organische Säure (?) — ein.

Jedenfalls hat man sich die Proteinstoffbildung nicht so vorzustellen, als wenn Kohlensäure, Wasser, Ammoniak (Salpetersäure), Phosphor und Schwefel direct zu Proteinsubstanz zusammentreten; jedenfalls werden andere organische Stoffe vorhergehen. Man kann sich denken, dass die Kohlenhydrate bei der Bildung der stickstoffhaltigen Stoffe eine Rolle spielen. In jüngerer Zeit haben sich Viele zu der Ansicht geneigt gezeigt, dass die Proteinsubstanzen Paarlinge von Kohlenhydraten und einer stickstoffhaltigen sowie phosphor- und schwefelhaltigen Substanz seien.

Pasteur theilt einen Versuch mit, welcher zeigte, dass in einer Lösung von Zucker, weinsaurem Ammoniak und Phosphaten, der eine sehr geringe Menge Hefezellen zugesetzt worden waren, Gährung mit bedeutender Neubildung von Hefezellen, also auch mit bedeutender Vermehrung der eiweissartigen Stoffe eintrat. Wir hätten hier also eine Bildung stickstoffhaltiger Substanzen aus Zucker, Ammoniak und Phosphaten, die aber ohne die Gegenwart des Zuckers nicht eingetreten sein würde. Wollen wir uns die Sache einfach vorstellen, so können wir annehmen, dass Ammoniak und Phosphate sich zerlegten und die Zerlegungsproducte mit dem Zucker oder einem daraus hervorgegangenen Kohlenhydrate sich zu eiweissartiger Substanz vereinigten.

Das Eiweiss scheint diejenige Form zu sein, in welcher die stickstoffhaltigen Stoffe zuerst auftreten, in welcher die proteinstoffbildenden anorganischen Substanzen, vielleicht unter Mitwirkung von Kohlenhydraten oder ähnlichen Stoffen, sich vereinigen. In den ausgebildeten Blättern findet man bei lebhaft vegetirenden Pflanzen immer Eiweiss, während andere Proteinsubstanzen, welche sich sonst in der Pflanze in grösserer Menge vorfinden, hier zurücktreten.

Freilich können dem Eiweiss einfachere stickstoffhaltige Verbindungen vorhergehen, die uns noch nicht bekannt sind, weil wir keine Reactionen auf dieselben kennen.

Was nun den Sitz der Proteinsubstanzbildung betrifft, so dürfen wir denselben unzweifelhaft in die chlorophyllhaltigen Zellen legen. In den meisten Leitzellen, Cambiumzellen der ausgebildeten Blätter finden wir beständig Eiweiss, dasselbe lässt sich verfolgen in dem Leitzellenbündel durch den Stamm zu den Wurzeln einerseits und zu den Terminalknospen, den jungen in Entwickelung begriffenen Blättern und den Blüthen andrerseits. In den Wurzeln nun kann der Sitz der Eiweissbildung nicht sein, weil gar häufig in dem Leitzellenbündel im unteren Theile des Stammes kein Eiweiss mehr oder nur in geringer Menge erkannt werden kann, während andere ausgeschiedene Proteinsubstanzen daselbst zu finden sind; nun lässt sich nicht annehmen, dass diese letzteren in Wanderung nach oben begriffen sind. Julius Sachs spricht sich folgendermaassen über den Sitz der Eiweissbildung aus:

Die Leitzellen oder Cambiumzellen der Gefässbündel „führen in ihrem ganzen Verlaufe bei kräftig vegetirenden Pflanzen eiweissartige Stoffe und schon Mohl schrieb denselben die Fortleitung solcher Verbindungen zu; da nun nicht anzunehmen ist, dass die eiweissartigen Substanzen aus dem Stamme durch die Leitzellen in die Blätter hineingeführt werden, weil wenigstens in den fertigen ausgewachsenen Blättern ein Verbrauch derselben nicht wohl denkbar ist, so bleibt nur die Annahme übrig, dass die Fortführung von den Blättern aus zum Stamme hin stattfinde, denn eine dritte noch denkbare Ansicht, wonach sich die eiweissartigen Substanzen in den genannten Leitzellen in völliger Ruhe befinden sollten, ist als physiologisch unmöglich einfach abzuweisen. Wenn es demnach bis jetzt auch noch an directen und schlagenden Beweisen für die Behauptung, dass eiweissartige Stoffe, Stärke, Zucker und Fett in dem chlorophyllhaltigen Gewebe der Blätter entstehen, um den übrigen Pflanzentheilen zugeführt zu werden, fehlt, so müssen doch die eben gemachten Betrachtungen zeigen, dass zahlreiche Erscheinungen durch diese Annahme ihre einfachste Erklärung finden; es braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden, dass das Gesagte sich nur auf die fertigen ausgebildeten Blätter bezieht, da man den jungen noch in Zelltheilung und Wachsthum begriffenen Blättern, deren Chlorophyllkörner noch nicht ausgebildet sind, die fragliche Function unmöglich zutrauen kann.“*)

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Band V. Seite 76 und 77.

Aber auch die chemische Analyse vermag uns einigen Aufschluss über den Sitz der Proteinbildung zu geben. Ich will hier einige Betrachtungen an die Analyse des Klees und der einzelnen Organe der Kleepflanze in verschiedenen Vegetationsperioden von Ullbricht knüpfen.*) Es gehen diese Betrachtungen von der unzweifelhaft richtigen Voraussetzung aus, dass die Schwefelsäure in der Pflanze zersetzt und zur Proteinstoffbildung verwandt werde. Ich habe die darauf bezüglichen Zahlen in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Zusammensetzung der Organe des Klees in verschiedenen Perioden.

In 10000 Theilen wasserfreier Pflanzensubstanz ist enthalten Schwefelsäure, Schwefel und Stickstoff:

Jahrgang.	Periode.		Stengel.	Blattstiel.	Blatt.	Blüthe.
I.	1.	SO_3	—	4,10	0	—
		S	—	25,00	38,76	—
		N	—	242,71	435,33	—
II. Erster Schnitt.	1.	SO_3	—	3,60	0	—
		S	—	?	35,49	—
		N	—	313,09	534,86	—
	2.	SO_3	31,00	7,00	0	—
		S	16,08	?	41,28	—
		N	332,02	284,86	554,39	—
	3.	SO_3	7,6	Spur	0	Spur
		S	11,91	26,35	36,07	22,74
		N	163,10	283,90	497,85	387,53
II. Zweiter Schnitt	1.	SO_3	—	23,90	13,70	—
		S	—	15,80	29,15	—
	2.	SO_3	15,40	6,20	Spur	—
		S	10,46	13,59	28,42	—
	3.	SO_3	2,50	1,30	2,50	Spur
		S	12,85	19,57	28,18	23,55

Vergleichen wir diese Zahlen miteinander, so kommen wir zu interessanten Resultaten.

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Band III. S. 241 u. f. und Band IV. S. 1 u. f.

Im Jahrgang I. enthält die Blattstielmasse in 10000 Theilen 4,1 Theile Schwefelsäure, in der Blattmasse selbst finden wir jedoch keine Spur von Schwefelsäure. Da nun aber nicht angenommen werden kann, dass die im Blattstiele enthaltene Schwefelsäure nicht auch in das Blattparenchym hineindiffundiren soll, so müssen wir uns vorstellen, dass die Schwefelsäure in das Blatt hineindiffundirt ist, dort aber in seiner ganzen Menge zersetzt und der Schwefel zur Bildung von Proteinsubstanz gebraucht wurde. Das Blatt ist ausserordentlich reich an Schwefel (in 10000 Theilen 38,76) und an Eiweiss, und dieser Schwefel kann sicherlich in keiner andern Form als der der Schwefelsäure dorthin gelangt sein. Die 36,76 Schwefel entsprechen 96,9 Schwefelsäure.

Da es nun wohl nicht zu bezweifeln ist, dass Schwefelsäure in der Pflanze zersetzt und deren Schwefel zur Eiweissbildung verwendet wird, so ist leicht einzusehen, dass gerade in dem Blattparenchym der Sitz der Eiweissbildung sein muss; zudem sehen wir, dass das Blatt der proteinstoffreichste Theil ist, wie dies durch den Stickstoffgehalt angezeigt wird.

Im Jahrgange II., erster Schnitt, erste Periode, finden wir dieselben Verhältnisse wieder. In der zweiten Periode ist der Stengel reich an Schwefelsäure, die Blattstiele ärmer, im Blatte selbst keine Schwefelsäure. In dem Blatte muss demnach wohl die aus der Wurzel heraufkommende Schwefelsäure verschwinden, zerlegt werden, dem entsprechend hat der Schwefel- und Proteinstoffgehalt in den Blättern zugenommen. In der dritten Periode hat der Gehalt an Schwefelsäure im Stengel abgenommen, in den Blattstielen ist nur eine Spur, im Blatte selbst keine zu finden. Die bedeutende Abnahme der Schwefelsäure im Stengel während der dritten Periode hat jedenfalls ihren Grund in der Wanderung derselben nach den Blättern, während nur geringe Mengen mehr durch die Wurzeln zugeführt wurden. Dass die Schwefelsäure nicht in dem Stengel und den Blattstielen zersetzt worden ist, kann man daraus schliessen, dass der Schwefel- und Stickstoffgehalt (also der Proteinstoffgehalt) sich nicht vermehrt hat; im Stengel hat er sogar abgenommen, in den Blattstielen ist er unverändert geblieben.*) Zwar nimmt in der

*) Die Abnahme des Schwefel- und Stickstoffgehaltes im Stengel ist zum Theil, auch vielleicht ganz, eine scheinbare, relative, denn die stickstofffreie organische Substanz hatte in dieser Periode im Stengel

dritten Periode in den Blättern der Schwefel- und Stickstoffgehalt ebenfalls ab, welchen Umstand wir hier aber auf eine Wanderung der Proteinstoffe zu den Blüthen zurückführen können. Zu Ende der dritten Periode hat in dem Blatte wahrscheinlich keine Proteinbildung mehr stattgefunden, denn in den Blattstielen findet sich in dieser Zeit keine Schwefelsäure mehr oder nur Spuren, es konnte mithin auch keine mehr zu den Blättern hinwandern; wenigstens war die Proteinbildung daselbst gering, die Assimilation war geschwächt worden. In der dritten Periode wanderte also nicht nur die während derselben gebildete Proteinsubstanz zur Blüthe, sondern auch noch ein Theil der in der zweiten Periode gebildeten.

In der Blüthe scheint keine Assimilation von Schwefelsäure sowie auch keine Proteinstoffbildung stattzufinden; übrigens geben die in Rede stehenden Untersuchungen keinen vollständigen Aufschluss hierüber.

Wenn in der ersten Periode des zweiten Schnittes die Blätter eine grössere Menge Schwefelsäure enthalten, so weist schon der reiche Gehalt der Blattstiele an Schwefelsäure darauf hin, dass dem Blatte mehr Schwefelsäure zugeführt wurde, als es verarbeiten, als dort assimilirt werden konnte.

Wie schon bemerkt, geht aus den Ulbrecht'schen Untersuchungen nicht hervor, ob in der Blüthe auch Proteinstoffe gebildet werden. Wahrscheinlich ist es nicht, denn in der mitgetheilten, sowie einer zweiten Versuchsreihe sehen wir niemals die Schwefelsäure ganz verschwinden, wie das doch vorauszusetzen wäre, wenn eine lebhafte Assimilation dort stattfände und wie das in den beiden Versuchsreihen bei dem Blatte in 13 Fällen 8 Mal der Fall war. Zukünftige Untersuchungen von Pflanzen, die auf einem Felde von weniger als mittelmässiger Dungkraft, ohne gerade arm zu sein, gewachsen sind und bei welchen die Analyse auch auf die Blüthenstiele und auf den sich entwickelnden Samen ausgedehnt wurde, müssen uns darüber belehren. Gerade die Bestimmung des Schwefels und der Schwefelsäure sind am meisten geeignet, durch die daran geknüpften Relationen uns Aufschluss über den Sitz der Proteinbildung zu verschaffen, er ist in allen Proteinstoffen enthalten, was von dem Phosphor nicht zu sagen ist, und

---

zugenommen, es musste dadurch natürlich der procentische Gehalt der anderen Stoffe herabgedrückt werden.

lässt sich mit Sicherheit in seiner elementaren Form, sowie als Schwefelsäure und als Schwefelalkalien und Schwefelerden bestimmen, auf welche letztere ebenfalls bei Untersuchungen von Pflanzen Rücksicht zu nehmen ist.

Verschwinden der Schwefelsäure, während in den zuführenden Organen dieselbe noch zu finden ist, mit gleichzeitiger Vermehrung des Schwefels und der Proteinstoffe, sind bestimmte Indicien für den Sitz der Proteinstoffbildung.

Den Resultaten der vorstehenden Betrachtung liesse sich nun wohl entgegen halten, dass auch im Stengel und in den Blattstielen Proteinstoffbildung zugegen sein könne, dass der neugebildete Proteinstoff aber sehr bald zu den anderen Organen hinwandere und die ganze Menge der Schwefelsäure nicht assimilirt werde; doch lassen die mikroskopischen Untersuchungen keinen Zweifel darüber, dass dies nicht geschieht. Man vergleiche nur, was Sachs über Eiweisswanderung sagt.

Man hat vielfach die Beziehungen der Phosphorsäure zum Stickstoff in Zahlenverhältnissen darzustellen gesucht, es hat das aber, abgesehen davon, dass dieses aus den mehrfach erwähnten Gründen nicht zulässig ist, zu keinen immer übereinstimmenden Verhältnisszahlen geführt, wenn auch manchmal dies Verhältniss annähernd gleich gefunden wurde, wie die nachfolgenden Zahlen zeigen:

Weizenkörner, Verhältniss der Phosporsäure zum Stickstoff:

Meyer in 11 verschiedenen Sorten aus Baiern .	1 : 1,83 — 2,19
Fehling et Feist in 2 Sorten aus Württemberg	1 : 2,86 — 2,71
Bibra aus verschiedenen Gegenden Europa's . .	1 : 1,87 — 3,55

Roggenkörner, Verhältniss der Phosphorsäure zum Stickstoff:

Meyer in 21 verschiedenen Sorten aus Baiern .	1 : 2,04 — 2,38
Fehling et Feist in 7 Sorten aus Württemberg	1 : 1,97 — 3,06
Bibra aus verschiedenen Gegenden Europa's . .	1 : 1,68 — 2,81

Zöller erhielt für Gerstenkörner die auf den Versuchsfeldern zu Bogenhausen, Schleissheim und Weisenstephan in Baiern gezogen worden waren, nach verschiedenen Düngungen folgende Verhältnisszahlen:

Bogenhausen.

	PO_5 : N
Saatfrucht	1 : 2,12
Guano	1 : 2,13
Schwefelsaures Ammoniak	1 : 2,11
Schwefelsaures Ammoniak u. Kochsalz	1 : 2,12
Gedämpfte Knochen	1 : 2,20
Superphosphat	1 : 2,20
Gefällter Phosphorit und Gyps	1 : 2,20

Schleissheim.

Saatfrucht	1 : 2.27
Superphosphat	1 : 2,21
Schwefelsaures Ammoniak, Kochsalz und Superphosphat	1 : 2,25

Weisenstephan.

Saatfrüchte	1 : 2,11
Chilisalpeter	1 : 2,11
Kalisalpeter	1 : 2,13

Bei der verschiedensten Düngung bleibt also, wie man sieht, das Verhältniss der Phosphorsäure zum Stickstoff fast vollständig gleich. Eine solche Uebereinstimmung, nicht einmal annähernde Verhältnisse findet man sonst bei keinem Pflanzentheile.

In welchen Beziehungen die übrigen Mineralstoffe zu der Proteinstofferzeugung stehen, davon haben wir nicht einmal eine Ahnung.

Der Stoffwechsel.

Beständigen Veränderungen ist das Stoffliche der lebenden Pflanzen unterworfen. Die in sie eintretenden anorganischen Stoffe werden in organische Materie verwandelt, wir haben diesen Vorgang Assimilation genannt; die erzeugten organischen Stoffe sind den verschiedenartigsten chemischen Veränderungen und vielen Metamorphosen unterworfen und diese Vorgänge will ich Stoffwechsel nennen. Formbeständigkeit der organischen Stoffe ist in der Pflanze gewöhnlich gleichbedeutend mit Darniederliegen der vitalen Function der Stoffe. Werden z. B. organische Säuren gebildet, welche sich mit mineralischen Basen zu unlöslichen Salzen verbinden und ausgeschieden sind, so verändern sich diese nicht

mehr, sie haben aber auch keine Activität in den pflanzlichen Lebensprocessen mehr. Wird Stärke an einem bestimmten Orte in der Pflanze in Körnerform ausgeschieden, so ist die Stärke unthätig, sie hat keine vitale Action, d. h. sie wirkt nicht mehr in den Lebensprocessen der Pflanze mit — die Stärke ruht. Nun ist es aber nicht nöthig, dass der einmal in Ruhe befindliche Stoff für immer den Lebensprocessen entzogen ist; unter gewissen Verhältnissen wird er umgewandelt und wird dadurch wieder activ. Inactive Stoffe, deren Form beständig geworden ist, deren Stoffwechsel abgeschlossen ist, sind für immer den Lebensprocessen der Pflanze entzogen, und wir haben sie alsdann als Excrete zu betrachten. Inactive Stoffe, die zu einer gewissen Zeit wieder in Activität treten, deren Stoffwechsel also nicht abgeschlossen ist, können wir Reservestoffe nennen; denn sie werden zu einer Zeit, wo die Pflanze ihrer nicht bedarf, in Ruhe versetzt, ausgeschieden, um später wieder, wenn sie zu bestimmten Lebensprocessen nothwendig geworden sind, in Bewegung, in Activität, gesetzt zu werden. Die letztere Art des ruhenden Stoffwechsels steht in besonderer Beziehung zur Fortpflanzung; in den Samen werden zellenerzeugende Stoffe in Ruhe versetzt, welche später bei der Keimung wieder in Bewegung gerathen, um der sich entwickelnden Keimpflanze, welche noch nicht fähig ist, selbst zu assimiliren, das Material zur Zellenbildung zu liefern. Aehnlich verhält es sich bei perennirenden Pflanzen: in gewissen Geweben des Stammes, des Rhizoms oder der Wurzel werden zellenerzeugende Stoffe zu Ende der Vegetationsperiode niedergelegt, dieselben gelangen aber wieder bei dem Eintritt der neuen Vegetationsperiode, wenn das Wachsen an den Terminalknospen oder die Entwicklung der jungen Blätter beginnt, zur Verwendung.

Bei der Assimilation werden zwei Stoffe gebildet, ein Kohlenhydrat und eine eiweissartige Substanz; beide entsprechen zweien grossen Gruppen organischer Stoffe; das Kohlenhydrat ist die Grundlage der stickstofflosen, die eiweissartige Substanz die Grundlage der stickstoffhaltigen organischen Stoffe. Die Umbildung der Grundsubstanz der Gruppe in ihre Derivate ist der Stoffwechsel.

Als kohlenhydratige Grundsubstanz dürfen wir wohl die Stärke — $C_{12} H_{10} O_{10}$ — oder vielmehr einen ihr ähnlichen, uns aber noch unbekannten Stoff ansehen, den ich, um einen Namen dafür zu

haben, Amylogen genannt habe. Er wird in den Blättern gebildet und verwandelt sich daselbst zum Theil in gekörntes Stärkemehl, während ein anderer Theil weiter in die Pflanze hinabgeht und an den verschiedensten Stellen in der Pflanze sich in gekörntes Stärkemehl umbildet und als solches zur Ablagerung kommt.

Die Umwandlung des Amylogens in Stärke gleich schon in den Blättern finden wir bei der grössten Mehrzahl der Pflanzen; nur bei einer kleinen Zahl von Pflanzen geht es sofort in den Blättern in Zucker über, so bei Allium Cepa (Küchenzwiebel). Bei Pflanzen der letzteren Art finden wir nun auch überhaupt nur eine sehr beschränkte Ablagerung von gekörnter Stärke, sie findet sich nur in einer das Gefässbündel umgebenden einfachen Parenchymschicht (Sachs' Stärkeschicht).

Das Amylogen und das gekörnte Stärkemehl verwandeln sich vielfach in der Pflanze in Zucker, — Traubenzucker $C_{12} H_{11} O_{11}$, Rohrzucker $C_{12} H_{12} O_{12}$ — besonders in den parenchymatischen Geweben. In den stärkemehlreichen Samen bei der Keimung geht die Stärke in Zucker über. Pflanzen, die sonst zuckerarm sind, besitzen dennoch Zucker in den jungen fortbildungsfähigen Geweben, welche in Zellenvermehrung begriffen sind; das Kohlenhydrat wandert in diesen Fällen als Amylogen, auf seinem Wege im Parenchym häufig Stärke in Körnerform ausscheidend; erst im Parenchym des sich fortbildenden Gewebes geht, wie es scheint, die Zuckerbildung vor sich, doch könnte diese Umbildung auch in den in Theilung begriffenen Zellen selbst stattfinden.

Am auffallendsten ist jedenfalls die Umbildung von Amylogen, von Stärke und Zucker in Fett; es scheint jeder dieser Stoffe direct in Fett übergehen zu können; so sehen wir in stärkemehlhaltigen Zellen der Blätter Fett entstehen, ohne dass sich Zucker in denselben nachweisen liesse, andererseits sehen wir aber auch wieder Fett in Zellen entstehen, welche nur Zucker (und vielleicht Amylogen?) enthalten. Der Sitz dieses Stoffwechsels ist wohl immer das Parenchym, und zwar da wo wir das Fett finden; doch dürfte eine Wanderung fertiggebildeten Fettes auf einem beschränkten Raume nicht unwahrscheinlich sein, denn wie ich früher gezeigt (S. 272), ist dieselbe wirklich beobachtet worden. Die fetten Oele sind in der Regel in Form von Tropfen innerhalb der Zellflüssigkeit ausgeschieden, wobei dann oft die Tropfen von einer proteinstoffhaltigen Hülle umschlossen sind, welche zurück-

bleibt, wenn man die Oele durch Aether extrahirt; zuweilen bilden die Oele aber auch mit dem übrigen Zelleninhalte eine emulsionartige Masse, und treten erst tropfenförmig auf Zusatz von Schwefelsäure hervor.

Ein weiteres Glied der Kohlenhydratgruppe ist der Zellstoff — C_{12} H_{10} O_{10} — oder die Cellulose, welche organisirt als Zellenmembran und Verdickungsschichten der Zellenmembran erscheint. Die Zellenmembran bildet sich aus dem Protoplasma der jungen Zelle hervor; ob die Cellulose nun in dem Protoplasma in einer gelösten Form vorhanden ist, oder ob sie nur in fester Form vorkommt und sich während der Abscheidung in Hautform aus einem anderen Stoffe hervorbildet, ist noch unbekannt. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist die Stärke (das Amylogen?) dasjenige Kohlenhydrat, aus welchem die Cellulose unmittelbar hervorgeht, denn fast überall, wo Zellenbildung stattfindet, kann man Stärke in gekörnter Form nachweisen; man kann sich indess die Sache so vorstellen: in den sich theilenden Zellen häuft sich Amylogen, hierher gewandert oder hervorgegangen aus anderen Stoffen, aus Zucker, Fett oder Inulin, an und während ein Theil desselben in Cellulose übergeht, scheidet sich der andere, vielleicht augenblicklich überflüssige, Theil in Körnerform ab, um aber bald wieder aufgelöst zu werden, so dass in dem ausgebildeten Gewebe keine Stärke mehr erkannt werden kann. Julius Sachs sagt hierüber Folgendes: „Eine Erscheinung vom höchsten physiologischen Interesse ist es, dass auch in solchen Fällen, wo Inulin, Zucker oder Fett als Reservenahrung in den Samen oder Knollen vorhanden ist, wo keine Spur von Stärke in diesen Organen sich vorfindet, dass da dennoch bei der Entwicklung der neuen Organe in allen darauf untersuchten Fällen eine vorübergehende Bildung von Stärke eintritt. So zeigte ich schon früher, dass bei der Keimung ölhaltiger Samen in den wachsenden Keimtheilen sich Stärke bildet, welche bei der vollständigen Entwicklung der Zellen verschwindet, während zugleich die Masse des ursprünglich vorhandenen Fettes abnimmt. Eine Erscheinung von gleicher physiologischer Wichtigkeit ist es, dass in den jungen Blättern und an der Terminalknospe der austreibenden Runkelrübe sich Stärke bildet, während der Rohrzucker abnimmt. Ebenso habe ich die Bildung von Stärke in den austreibenden Knospen der inulinhaltigen Knollen der Georgine und der Tompinambur, selbst bei der austreibenden Küchenzwiebel, eine Pflanze, wo die Stärke-

bildung sonst auf ein Minimum herabgedrückt, habe ich nach vielfacher sorgfältiger Prüfung am Umfang des Zwiebelkuchens, da wo derselbe die wachsenden Basaltheile der jungen Blätter trägt, Stärke gefunden.“*)

Der Zellstoff in der Form von Zellenmembranen und Verdickungsschichten ist in Bezug auf den Lebensprocess inactiv geworden, er spielt bei denselben nur eine passive Rolle, indem er, die Zelle abschliessend, durch seine Molecularinterstitien Stoffe hindurchgehen lässt; selbst die Erscheinungen, welche die Elasticität der Zellenmembran durch Spannungsveränderungen hervorruft, berechtigen uns nicht ihn zu den activen Stoffen zu zählen.

Das Dextrin — $C_{12} H_{10} O_{10}$ — kennen wir als die Uebergangsform der Stärke in Zucker; es ist schleimiger Natur und schwer diffusibel; es dürfte in grösster Menge stets im Cambium anzutreffen sein.

Die Pflanzensäuren sind sehr mannigfaltig in ihrer chemischen Natur; sie kommen vorzugsweise in den rundlichen oder polyedrischen Zellen des Parenchyms vor; offenbar sind sie Derivate der gewöhnlichsten Kohlenhydrate, und werden wie es scheint, durch Umwandlung der Stärke oder vielleicht auch des Zuckers erzeugt, vielleicht werden einzelne auch bei der Assimilation neben Kohlenhydraten und anderen Stoffen gebildet. Im Cambium finden sie sich in seltenen Fällen und dann gewöhnlich in gelöster Form, während sie im Parenchym an basische Stoffe gebunden sind und in der Regel als saure Salze in unlöslicher oder schwer löslicher Form erscheinen. Freie Säuren findet man fast nur in Früchten, z. B. in den Citronen. Der Kalk ist diejenige Base, an welche die Säuren am meisten gebunden sind. Die in der Pflanze vorkommenden anorganischen Säuren sind gegenüber den Basen sehr gering, sie reichen bei weitem nicht aus, um mit den letzteren Salze zu bilden; da aber die Basen als solche d. h. in freier Form nicht vorhanden sein können und ebenfalls nicht als Kohlensäure, so muss der grösste Theil der Basen an organische Säuren gebunden sein. Der Kalk macht den vorwiegenden Theil der Basen aus, besonders aber, wenn man das Rindenparenchym, den Sitz der organischen Säuren, getrennt untersucht. Bei dem Verbrennen der Pflanze geben die organischsauren

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band V. S. 59.

Salze kohlensaure Salze; jemehr kohlensaure Salze eine Pflanze in ihrer Asche liefert, um so mehr organische Säuren sind in ihr vorhanden gewesen.

Eigenthümlich ist es, dass die Wasserpflanzen immer reicher an organischen Säuren sind, als Landpflanzen; man kann dies nicht nur aus dem grösseren Kalk- und Kohlensäure-Gehalt der ersteren schliessen, sondern es lassen sich durch das Mikroscop auch in ihrem Parenchym mehr in Salzsäure lösliche, gewöhnlich in Essigsäure aber unlösliche Krystalle erkennen als in dem Parenchym der Landpflanzen.

Die Pflanzensäuren haben wir als inactive Stoffe zu betrachten, die, einmal gebildet, nicht mehr den Lebensprocessen der Pflanze zu dienen vermögen; im Gegentheil scheinen sie durch ihre Einwirkung auf die eiweissartigen Substanzen der Pflanze nur schädlich zu sein und werden viele pathologischen Erscheinungen im Leben der Pflanze im Vorhandensein grösserer Mengen freier Säuren zu suchen sein. Im normalen Pflanzenleben werden die organischen Säuren an Basen gebunden und in unlösliche Formen übergeführt, da aber, wo durch Mangel an basischen Stoffen die Säuren nicht neutralisirt werden können, müssen sie schädlich auf die Lebensprocesse wirken. Es ist das freilich nur eine Vermuthung; wenn man aber bedenkt, dass die meisten organischen Säuren, das gelöste Eiweiss, besonders bei Gegenwart von Alkalisalzen, die wohl nie im Zellsafte fehlen, fällen, so kommt einem die Sache nicht so unwahrscheinlich vor. Jedenfalls hat die Phytopathologie dieser Sache ihre Aufmerksamkeit zu schenken.

Wir haben vorhin gesehen, dass sich Stärke in Zucker, Fett, Cellulose u. s. w. verwandelt; diese Stoffe können sich aber auch wieder zurückbilden, Zucker in Stärke, Fett in Stärke und Zucker, Cellulose ebenfalls in Stärke und Zucker. Die Rückbildung des Zuckers in Stärke kommt häufig vor und besonders bei Pflanzen, in welchen der Zucker als Reservestoff auftritt, bei dem Schossen der Runkelrüben z. B. geht der Zucker aus der Wurzel in die jungen aufschossenden Stengelgebilde und verwandelt sich daselbst in gewisser Menge in Stärke. Die Rückbildung der Fette ist bei ölreichen Samen eine häufige; das nächste Uebergangsproduct scheint wohl Stärke (Amylogen?) zu sein, denn wir finden die Stärke bei der Keimung immer in grösserer Menge als den Zucker, indess könnte der Zucker ja auch, wenn er das nächste Umwand-

lungsproduct des Oeles sei, alsbald sich in Stärke verwandeln. In ölreichen Samen, so z. B. bei Kürbissamen, findet man vor der Keimung nur Spuren von Zucker, kein Stärkemehl; während der Keimung nimmt der Oelgehalt immer mehr und zwar schnell ab, der Zucker- und Stärkegehalt zu, zu Ende der Keimung ist im Samen nur noch eine kleine Menge Oel zurückgeblieben, während Stärke und Zucker bei dem Wachsthums- oder Zellenbildungsprocesse verwendet werden.

Auch die Cellulose der Zellenmembran und der Verdickungsschichten vermag sich in Stärke zurückzubilden, wobei sie natürlich einem Aufweichungsprocesse unterliegen muss. So beobachtete man, dass die Zellmembran der Sporenschläuche von Borrera von aussen her sich in eine kleisterartige Masse verwandelt, welche sich unter Einwirkung von Jod blau färbt; es geht hier also Cellulose in Stärke über. Ein interessantes Beispiel von Auflösung und Rückbildung der Cellulose liefert die keimende Dattel, wie uns Julius Sachs mitgetheilt hat. Der harte Dattelkern besteht aus dichtgedrängten Zellen, an deren primären Wänden dicke Zellstoffschichten abgelagert sind; während der Keimung nun werden die Zellstoffschichten aufgelöst und gehen in Stärke und Zucker über, welche zur Ernährung der Keimpflanze dienen.

Eine grosse Reihe von inactiven Umwandlungsprocessen bildet die Cellulose. So geht sie bei den Prosenchymzellen und den verholzten Parenchymzellen, sowie in den Verdickungsschichten dieser Zellen in Holzstoff über. Ein anderes Umwandlungsproduct ist der Kork oder die Cuticularsubstanz (Schacht), welche Umbildung die Zellmembrane vollständig impermeabel macht; sie findet sich in der Membran der Korkzellen und in den Verdickungsschichten an der äusseren Seite der Oberhautzellen.

Die Membran der Mutterzellen erweicht und wandelt sich in eine schleimige Substanz um, die bei vielen Pflanzen, z. B. bei den Fucoiden weich bleibt, während sie bei den meisten zu einer festen Substanz erhärtet und als Intercellularsubstanz erscheint. Schacht*) lässt die Intercellularsubstanz aus den Zellmembranen untergehender Mutterzellen bei der Zellenvermehrung entstehen. Während in einem Gewebe die Zellen sich durch Theilung ver-

*) Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. 1856. I. Band S. 108—133.

mehren. bilden sich in einer Zelle mehrere neue Zellen; diese wachsen und werden selbstständig, während die Membran der Mutterzelle verschwindet, d. h. aufweicht und zwischen den Zellen entweder für immer als eine solche weiche Masse (Fucusarten) oder zu einer festen Masse erhärtend liegen bleibt, um die Zellen mit einander zu verkleben, gleichsam aneinander zu kitten. Nach der früheren Ansicht soll die Intercellularsubstanz ein Ausscheidungsproduct der Zelle sein, d. h. durch die Zellmembran auf deren äussere Wand ausschwitzen.

Die Pectose haben wir vielleicht ebenfalls als ein Umwandlungsproduct des Zellstoffs zu betrachten; aus ihr gehen die übrigen pectinartigen Substanzen hervor. Bei reifen, pectosereichen Früchten findet man die innere Schicht der Zellenmembran aus pectinartigen Substanzen bestehend, während die äussere Schicht Cellulose ist. Hält man damit zusammen, dass bei dem Reifen der Früchte der Cellulosegehalt immer mehr abnimmt, während der Pectingehalt zunimmt, so darf man wohl mit ziemlicher Gewissheit annehmen, dass die pectinartigen Substanzen ein Umwandlungsproduct der innern Zellwandschichten sind, welche aus einer Auflösung der Zellwand von innenher entstehen. Frémi fand, dass bei der Winterbirne die Cellulose vom 16. Juni bis zum 28. August von 17,7 bis auf 3,4 Procent abnahm, bei der Sommerbirne von 13,4 bis 3,5 Procent.

Schleiden glaubt, dass der Gerbstoff durch einen eigenthümlichen Verwesungsprocess des Zellstoffs entstehe, auch Schacht hält ihn für das Zersetzungsproduct abgestorbener Zellen. Bei der Keimung ölhaltiger oder stärkemehlreicher Samen entsteht immer Gerbstoff und oft in nicht unbeträchtlicher Menge; aus welchen Stoffen er da hervorgeht, ist nicht leicht festzustellen.

Das Gummi, dem Dextrin nahestehend, scheint auch wie dieses aus Stärke hervorzugehen, es wird indess als ein inactiver Stoff, als ein Excret, welches nicht mehr in den Kreis der pflanzlichen Lebenserscheinungen zurückgeführt wird, angesehen werden müssen. Nach den Beobachtungen, welche H. v. Mohl an Traganthus machte, dürfte das Gummi das Auflösungsproduct gewisser Zellstoffarten sein; er fand, dass das Tragantgummi aus der Auflösung stark verdickter Zellwände von aussen nach innen hervorgeht; hervortretend ist das Aufquellen an dem dickwandigen Gewebe des

Markes und der Markstrahlen. Wiegand führt ebenfalls die Entstehung des Gummi's auf eine chemische Umwandlung der Zellmembran, der eine Aufquellung folgt, zurück.*) Nach ihm sollen es die Zellen des Holzparenchyms (bei dem Kirschgummi), des Rindencambiums, Parenchyms, der Markstrahlen und die Stärke sein, aus welchen Gummi hervorgeht.

Das Harz und die ätherischen Oele gehören jedenfalls zu Derivaten der Kohlenhydrate. Die Harze dürften zum Theil wohl als die Oxidationsproducte ätherischer Oele zu betrachten sein. Die letzteren sind hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung in zwei Gruppen zu theilen: in sauerstoffhaltige und sauerstofffreie, welche letztere Kohlenwasserstoffe sind. Sie sind meistens auf bestimmte Organe, auf gewisse Zellenpartien beschränkt. Wo sie in geringer Menge auftreten, z. B. in den Blumenblättern vieler wohlriechender Blumen, scheinen sie im Zellsafte gelöst zu sein, dagegen erfüllen sie nicht selten ganze Zellen, oder Lücken zwischen Zellen, z. B. im Blatt und in der Fruchtschale von Citrusarten, im reifen Samen der Umbelliferen. Das Harz findet sich seltener in Zellen, sondern wohl am häufigsten zwischen den Zellen, in Gängen, welche sich in zwischen den Zellen entstandenen Lücken bilden — Harzgänge. So tritt es bei den Coniferen in Harzgängen auf, bei den Cupressineen kommt es aber auch, ausser in den Harzgängen der Rinde, in besonderen Zellen des Holzes vor. In diesen Fällen scheint das Harz ebenfalls auf einer mit Verflüssigung verbundenen Desorganisation der Zellmembran zu beruhen, welche auf der inneren Wand beginnt und nach aussen fortschreitet. Diese Desorganisation von innen nach aussen scheint darauf hinzudeuten, dass sie durch den Einfluss der Zellenthätigkeit selbst hervorgerufen werde, vielleicht hat auch das in den meisten der Desorganisation und Harzbildung verfallenden Zellen enthaltene ätherische Oel Einfluss darauf. So können ganze Gewebspartien in Harz übergehen und die Harzgänge scheinen alsdann sich durch Auflösung von Zellen gebildet zu haben. (Wiegand a. a. O.) Die Birke sondert das Harz aus papillosen Zellengruppen der Rinde junger Zweige aus. Seine Absonderung kann man sich als ätherisches Oel denken, welches sich in der Folge der Oxydation

*) Wiegand in Pringsheim's Jahrbüchern der wissenschaftlichen Botanik. Band III. Heft I.

erhärtet. Aus welchen Stoffen die ätherischen Oele sich hervorbilden, ist unbekannt; die Art des Vorkommens bei den Coniferen gestattet den Schluss, dass es aus dem Stärkemehl oder dessen kohlenhydratigen Derivaten hervorgeht. Man findet nämlich in den den Harzgang umgrenzenden Zellen Stärke oder die ihm verwandten Kohlenhydrate, während darin ätherische Oele nicht nachgewiesen werden können, und doch scheinen diese Zellen die Absonderungsorgane der genannten Stoffe zu sein.

Das Kautschuk kommt fast nur in den milchsaftführenden Bastzellen vor, und zwar ist es in Gestalt kleiner Kugeln emulsionartig in dem Milchsafte vertheilt. Ueber seine Entstehung ist bis jetzt nichts bekannt.

Das Wachs, welches von den Bienen aus Zucker bereitet wird, scheint in der Pflanze auf ähnliche Weise gebildet zu werden. Man findet es am häufigsten als Ueberzug der Oberhaut der Gewächse. Der Ueberzug reifer Pflaumen, welchen wir Reif nennen, ist eine körnige Schicht von Wachs, ebenso auch der Ueberzug vieler Blätter. Häufig wird es auch in älteren Chlorophyllkörnern gefunden. Wiegand vermuthet, dass es da, wo es als Ueberzug der epidermialen Cuticulaschichten vorkommt (also auf der Oberhaut der Pflanzen) ein Umwandlungsproduct der Cuticula selbst sei und keine Se- oder Excretion.

Die zweite Gruppe der pflanzlichen Stoffe, die stickstoffhaltigen Stoffe nämlich, können wir auf das Eiweiss zurückführen. Von den Blättern bis in die Wurzel und die Terminalknospen enthalten die Cambium- und Leitzellen Eiweiss, wenigstens zur Zeit, wo sie in lebhafter Zellenbildungsthätigkeit begriffen sind. In jener Zeit der Vegetationsperiode, in welcher nur wenig Stoffe mehr durch die Pflanze wandern, tritt auch selbst das Eiweiss zurück, um einer anderen Proteinsubstanz Platz zu machen. Das Eiweiss geht überhaupt, wenn ein Gewebe fertig gebildet ist, und meistens auch in den Leitzellen, in der letzten Zeit der Vegetationsperiode in eine aus der Zellflüssigkeit ausgeschiedene Proteinsubstanz über; sie kommt dann oft in granulirter Form vor oder kleidet nur die innere Wand der Zellenmembran aus — Primordialschlauch —. In Theilung begriffene Zellen sind mit einem Protoplasma erfüllt, welches eine Mischung von gelösten eiweissartigen Stoffen, Stärke (Amylogen), Zucker u. dgl. ist; bei der Ausbildung der Zellen scheiden sich Körner ab, die aus einer

proteinstoffartigen Substanz bestehen; diejenigen Zellen, welche sich zu Parenchymzellen ausbilden, verlieren die proteinstoffartigen Substanzen bis auf den die innere Zellwand auskleidenden Primordialschlauch. Die Leitzellen bleiben immer reich an Proteinstoffen, wenn auch in späterer Periode das Eiweiss in ihnen zurücktritt.

Man kann chemisch drei Formen von Proteinsubstanzen in der Pflanze unterscheiden: Eiweiss, Pflanzenleim und Legumin. Das Eiweiss kommt in gelöster Form und in ungelöster Form vor (was man Pflanzenfibrin nennt, scheint nur ungelöstes Eiweiss zu sein). Das gelöste Eiweiss coagulirt bei dem Erhitzen und wird durch Alkohol ausgeschieden; der Pflanzenleim ist in Alkohol löslich und das Legumin scheidet sich beim Kochen nicht ab. Das Eiweiss ist durch die ganze Pflanze verbreitet, der Pflanzenleim macht einen Bestandtheil des Klebers der Cerealiensamen, sowie das Legumin einen Bestandtheil der Leguminosensamen aus. Die verschiedenen Formen der Proteinsubstanzen gehen sehr leicht in einander über; so verwandelt sich der Kleber, dessen ungelöster Eiweissstoff (Pflanzenfibrin) und Pflanzenleim bei der Keimung in gelöstes Eiweiss, um nach dem Orte der Zellenbildung in der Keimpflanze hin zu wandern; ein Gleiches geschieht mit dem Legumin bei der Keimung der Leguminosensamen. Wo das Eiweiss oder überhaupt die Proteinsubstanzen als Reservestoffe auftreten, sind sie in ausgeschiedener Form vorhanden, lösen sich aber wieder auf, wenn sie zur Verwendung in der Pflanze gelangen. Ich glaube, wir werden die verschiedenen Formen der Proteinsubtanzen im Pflanzenreiche dereinst alle auf Eiweiss zurückführen, welches mit gewissen anorganischen Stoffen (Salzen) verbunden ist und dadurch eine gewisse chemische und physicalische Verschiedenheit zeigt. Ich habe bereits gezeigt, dass das gelöste thierische Eiweiss zum Theil durch Einwirkung eines alkalischreagirenden Salzes in der gelösten Form erhalten wird, dass Entziehung dieses Lösungsmittels eine Ausscheidung des Eiweisses zur Folge hat; denken wir uns, das Eiweiss in den Pflanzen werde durch ein basisches Phosphorsäuresalz in Lösung versetzt, wird dieses Salz nun durch Diffusion im Verlaufe des Vegetationsprocesses fortgeführt, so scheidet sich das Eiweiss aus. Man kann sich vorstellen, dass in jungen eiweissreichen Leitzellen viel jenes Salzes enthalten ist und dadurch die Lösung einer grössern Menge Eiweisses herbeigeführt worden ist; bei dem Vegetations-

processe wird aber in diese Zellen viel Wasser eingeführt, das Salz diffundirt fort und ein Ausscheiden des Eiweisses ist die Folge. Es würde sich dadurch auch erklären, weshalb junge eiweissreiche Cambiumzellen eine Gerinnung ihres Inhaltes zeigen, wenn Wasser in sie hineindiffundirt und sie sich dabei ausdehnen; die Zellflüssigkeit wird hinsichtlich des lösenden Salzes verdünnt und es kann nun nicht mehr soviel Eiweiss in Lösung erhalten werden. Durch Gegenwart grösserer Menge anderer Salze (oder vielleicht auch durch Gegenwart gewisser Säuren) werden andere Modificationen des Eiweisses gebildet. Es ist diese Ansicht freilich nur eine Vermuthung, wenn man aber das Verhalten der Salze und vieler organischer Säuren zu den Proteinstoffen in Betracht zieht, so wird man diese Vermuthung als nicht ganz unwahrscheinlich bei Seite legen dürfen. Es dürfte dieser Seite der chemischen Eigenschaften der Proteinsubstanzen eine grössere Aufmerksamkeit zu schenken sein als bisher geschehen ist.

In welchen Beziehungen die Proteinsubstanzen zu den Pflanzen-Alkaloiden und anderen stickstoffhaltigen Pflanzenstoffen (Farbstoffen, Extractivstoffen) stehen, wissen wir nicht, doch ist man geneigt, dieselben als Grundsubstanz, aus welcher die letztgenannten sich hervorbilden, anzusehen.

Ebenso wenig wissen wir etwas über die Bildung von Farbstoffen, Bitterstoffen u. s. w., die meistens nur in geringer Menge in Pflanzen vorkommen.

Wenden wir uns nun zu den chemischen Vorgängen des Stoffwechsels zu der Erklärung der Stoffumwandlung, so müssen wir auch hier ebenso unsere Unkenntniss gestehen wie bei der Erklärung der chemischen Vorgänge der Assimilation. Man kann sich da in vielfache Hypothesen ergehen, leider haben sie aber alle keinen Anspruch auf Begründung. Am einfachsten tritt uns noch die Wandlung der Kohlenhydrate entgegen. Wir können Stärke durch Diastase oder verdünnte Schwefelsäure in Dextrin und Zucker künstlich verwandeln. Stärke besteht aus $C_{12} H_{10} O_{10}$, Dextrin aus $C_{12} H_{10} O_{10}$, es ist also bei der Umwandlung der Stärke in Dextrin der Aus- oder Eintritt neuer Elemente nicht nöthig; Traubenzucker hat die Formel $C_{12} H_{12} O_{12}$, Rohrzucker $C_{12} H_{11} O_{11}$, zu ihrer Bildung aus Stärkemehl ist die Aufnahme von 2 resp. 1 Aequivalent Wasser (H O) nöthig. Dagegen ist uns die künst-

liche Rückbildung von Zucker und Dextrin in Stärke noch nicht gelungen. Die Entstehung der sauerstoffärmeren Pflanzenstoffe (Fette, Harze, ätherische Oele) aus sauerstoffreicheren (Kohlenhydraten) können wir uns wohl nach Zahlen zurecht legen, wir können sagen, es müssen so und so viel Aequivalente Sauerstoff abgegeben und Wasser aufgenommen werden; aber wie das geschieht, wissen wir nicht, die chemischen Vorgänge dieser Zersetzungen und Aneignungen sind für uns in Dunkel gehüllt. So können wir uns $C_{36}\ H_{36}\ O_4$ (Fettsäuren) aus $3\ C_{12}\ H_{10}\ O_{10}$ (Stärke) hervorgehend denken, wobei direct oder indirect $6\ H\ O$ (Wasser) aufgenommen und $32\ O$ ausgeschieden werden. Um sich das Entstehen der organischen Säuren in Zahlen zu veranschaulichen, muss man Sauerstoff eintreten und Wasserstoff austreten lassen; z. B. Weinsteinsäure $= C_8\ H_4\ O_{10}$ aus 2 Aequivalenten Stärke $= C_{24}\ H_{20}\ O_{20}$ $+ 10\ O - 8\ H = 3\ C_8\ H_4\ O_{10} = 3$ Aequivalente Weinsteinsäure. Den Sauerstoff kann man sich von dem aus der Kohlensäurezersetzung oder bei der Bildung von Fetten freiwerdenden herrührend denken; der bei der Bildung organischer Säuren freiwerdende Wasserstoff muss aber anderweitig wieder zur Verwendung kommen, denn freier Wasserstoff tritt nicht aus der Pflanze aus.

Auf dieselbe Weise können wir uns auch die Entstehung der stickstoffhaltigen Stoffe construiren, aber mit derartigen Spielereien ist der Wissenschaft nicht gedient und nicht geholfen.

Dass anorganische Stoffe eine Rolle bei dem Stoffwechsel spielen, ist gar nicht zu bezweifeln, aber auch hier müssen wir uns mit dieser Vermuthung begnügen.

Die Ausscheidungen.

Unter Ausscheidungen haben wir diejenigen physiologischen oder auch pathologischen Vorgänge zu betrachten, bei welchen Stoffe aus der Pflanze austreten und entweder in die Atmosphäre, das Wasser oder den Boden übergehen oder auf der Oberfläche der Pflanze verbleiben. Jedoch müssen wir solche Ausscheidungsproducte ebenfalls hierher zählen, welche zwar innerhalb des Gewebes der Pflanze, aber in eigens dazu bestimmte Hohlräume (nicht Zellen) ausgeschieden werden (Harzräume u. dgl.). Bei den Assimilationsprocessen werden Stoffe in Freiheit gesetzt, welche

weiter für das Leben der Pflanze keine Bedeutung mehr haben, und dann häufig aus der Pflanze ausgeschieden werden; es können aber auch aus dem Stoffwechsel Stoffe hervorgehen, die zur Ausscheidung gelangen; es können sonst der Pflanze nothwendige Stoffe durch eigenthümliche Druckverhältnisse aus der Pflanze entfernt werden. Ich unterscheide gasförmige Ausscheidungen, Epithelialausscheidungen und Wurzelausscheidung.

Gasförmige Ausscheidungen.

Zu den gasförmigen Ausscheidungen der Pflanze gehört auch wohl das Wassergas mit, welches durch die Blätter fortgeht; doch habe ich dasselbe hinlänglich besprochen und kann es hier übergehen.

Die bemerkenswertheste Gasausscheidung ist die des Sauerstoffs. Die Zellflüssigkeit der Pflanze enthält Kohlensäure gelöst, eben sowohl durch die Blätter aus der Atmosphäre, als durch die Wurzeln aus dem Boden oder dem Wasser aufgenommen. In den Blättern wird die Kohlensäure in ein X und in Sauerstoff zerlegt. Der Sauerstoff ist aber in weit geringerer Menge in Wasser löslich wie die Kohlensäure, und der bei der Assimilation freiwerdende Sauerstoff, weil er von dem Wasser nicht gelöst werden kann, muss aus ihm austreten und verlässt die Pflanze. Bei vielen Wasserpflanzen finden sich im Gewebe grössere Höhlen, welche mit Luft erfüllt sind; diese Luft enthält gewöhnlich mehr Sauerstoff wie die atmosphärische Luft und ist der Sauerstoff jedenfalls ein Product oder vielmehr Educt der Assimilation. Wenn bei dem Stoffwechsel Sauerstoff ausgeschieden wird, so wird er auf gleiche Weise die Pflanzen verlassen. Nach den neuesten Untersuchungen Boussingault's werden bei der Assimilation auch Kohlenoxyd und gasförmige Kohlenwasserstoffe, wenn auch in kleiner Menge, frei, welche ebenfalls von den Blättern ausgeschieden werden.

Die Eigenschaft bei verschiedenen Temperaturen in sehr verschiedenen Volumverhältnissen in Wasser gelöst zu werden, kommt der Kohlensäure in hohem Grade zu, und darauf beruht ihre Ausscheidung aus der Pflanze. Ein Volum Wasser nimmt bei 4° 1,5 Volum Kohlensäure, bei 15° nur 1 Volum auf. Wenn nun einer Pflanze, besonders aus dem Boden oder dem Wasser, mehr Kohlensäure zugeführt wird als ihre Zellflüssigkeit aufzunehmen

vermag, so tritt diese Kohlensäure aus der Pflanze aus, sobald ihre Assimilation in den Blättern aufhört, während der Nacht; die Ausscheidung von Kohlensäure, welche bei solchen Pflanzen, die der Insolation entzogen sind, häufig beobachtet wurden, sind dadurch zu erklären.

Mit dem Sauerstoff wird gleichzeitig auch Stickstoffgas ausgeschieden; es rührt dieser Stickstoffgas aber von der atmosphärischen Luft her, welche in die Pflanze eingetreten ist. Dennoch ist es nicht unwahrscheinlich, dass bei gewissen pathologischen Vorgängen Zersetzungen organischer Stoffe stattfinden, bei welchen Stickstoff frei wird, welcher alsdann, weil er nur in äusserst geringer Menge in Wasser löslich ist, aus der Pflanze ausgeschieden wird. Bei den Pilzen soll Stickstoffausscheidung bei dem Stoffwechsel ein physiologischer Vorgang sein.

Auch die Ausscheidung des Ammoniaks oder des kohlensauren Ammoniaks in Gasgestalt durch die Blätter und blattähnlichen Organe ist vielfach der Gegenstand von Untersuchungen gewesen, dennoch ist es bis heute eine Streitfrage. Wenn auch bis jetzt kein einziger genügender Beweis dafür geliefert wurde, wenn es auch für die meisten Lebensverhältnisse nicht wahrscheinlich ist: so mögen doch Umstände eintreten, wo eine solche Ausscheidung stattfindet. Verdunstet aus einer permeablen Membran, die eine äusserst verdünnte Lösung von kohlensaurem Ammoniak enthält, Wasser, so verdunstet auch immer etwas Ammoniak mit fort. Was wir von der Ammoniakausscheidung zu halten haben, liegt auf der Hand. Abgesehen davon, dass in der Pflanze das Ammoniak sich kaum anders als in nichtflüchtigen Formen finden kann, halte ich dafür, dass die gasförmige Ausscheidung desselben unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht vorkommt. Bei der reichlichen Gegenwart von Säuren, welche mit Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur nichtflüchtige Salze bilden, ist das Bestehen von freiem oder kohlensaurem Ammoniak nicht denkbar. Wir dürfen indess die Einwirkung kohlensaurer Erden auf schwefel-, salpeter- und phosphorsaures Ammoniak nicht übersehen. Bekanntlich zersetzen sich schwefelsaure u. s. w. Erden mit kohlensaurem Ammoniak, wenn sie in Lösung mit einander in Berührung kommen, so, dass die Kohlensäure an die Erden, die fixen Säuren an das Ammoniak treten und dieses fixiren; umgekehrt wirken jedoch die Verbindungen der fixen Säuren mit dem Ammoniak

auf kohlensaure Erden, wenn diese Stoffe nur angefeuchtet, also nicht in Lösung, zusammen kommen; dann tritt die Kohlensäure an das Ammoniak, welches dadurch flüchtig wird, und die fixe Säure an die Erde. Derartige Vorgänge könnten nun auch in der Pflanze ganz gut vorkommen, z. B. bei der Samenbildung. Fänden sich in den Zellen des Samens phosphorsaures Ammoniak und kohlensaurer Kalk oder kohlensaure Magnesia vor, so können sie, solange die Zelle einen flüssigen Inhalt hat, ohne Zersetzung neben einander bestehen; sobald aber bei der Samenreife das Wasser aus den Zellen schwindet, würde kohlensaures Ammoniak gebildet werden und aus den Zellen austreten. Ich will es indess dahingestellt sein lassen, ob derartige chemische Processe in der Pflanze stattfinden. In Beziehung auf Ammoniakausscheidung untersuchte Knop Typha latifolia, ohne sie von ihrem natürlichen Standorte (einem Teiche) zu entfernen; in 3 Tagen und 2 Nächten war kein Ammoniak ausgeschieden worden.

Zu den gasförmigen Ausscheidungen hätten wir auch noch die duftenden Stoffe der Pflanze, die ätherischen Oele, zu rechnen. Sie sind in dem Inhalte der Drüsenzellen, der Zellen der Blumenblätter enthalten und durchdringen die Membran auf dieselbe Weise wie andere gasförmige Stoffe, um in die Atmosphäre überzutreten; bei manchen Pflanzen werden die ätherischen Oele jedoch in flüssiger Form ausgeschieden und verdunsten dann von der Oberfläche der Pflanze fort.

Die Secrete.

Die Secrete sind entweder das Product eigenthümlicher Zellen — Drüsenzellen oder Drüsen, wenn viele Drüsenzellen mit einander vereinigt sind — und werden von diesen auf die äussere Oberfläche der Zellen abgeschieden, oder es sind Producte gewöhnlicher Epidermis- oder Epitheliumzellen, und dann oft nur gewöhnliche in der Pflanze vorkommenden Stoffe. Die Drüsen liegen an der Oberfläche der Pflanze, aber auch innerhalb des Gewebes und begrenzen dann eigene Gänge oder Höhlen; zu den ersteren kann man die Hautdrüsen auf Stengel und Blatt (Fig. 29) und die Drüsenhaare rechnen, zu den letzteren die Behälter (Gänge) der ätherischen Oele, z. B. die Gänge in den Samen der Umbelliferen, welche ätherisches Oel enthalten, auch wohl die Harzgänge, da sich in ihnen auch beständig ätherisches Oel findet. (Fig. 30.)

Die Drüsenzellen sind offenbar auch epitheliale Bildungen, und immer sehr zartwandig.

Harz und ätherische Oele werden gewöhnlich gleichzeitig in den entsprechenden Drüsen vorgefunden und dann ist das ätherische Oel das Lösungsmittel für die Harze. Beide sind in Wasser schwer löslich und ebenso auch im Zellsafte der Drüsenzellen, sie können deshalb leicht durch die Membran der Zellen hindurchgehen. Treten diese Gemische auf die Oberfläche der Pflanzen, so verdunstet in der Regel das ätherische Oel und die Harze bleiben zurück. Treten sie dagegen in eigene Gänge oder Höhlen ein, so häufen sie sich in denselben an und oft dermaassen, dass die Gänge zerplatzen und ihren Inhalt auf die Oberfläche ergiessen — Harzflüsse —. Harzgänge findet man bei allen Coniferen. Die Oberhautdrüsen findet man bei jungen Birkenzweigen, deren Oberhaut im Sommer von Harzdrüsen durchbrochen wird. Die Drüsenhaare secerniren in der Regel nur ätherisches Oel und verleihen den Pflanzen ihren eigenthümlichen Geruch. Das ätherische Oel der Blumenblätter befindet sich in der Regel in den Oberhautzellen und ist kein Product besonderer Drüsen.

Fig. 29.

Fig. 30.

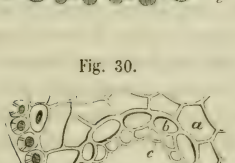


Fig. 29. Querschnitt durch den äussersten Theil eines ganz jungen Birkenzweiges, (a) die Oberhautzellen, (b) eine unter denselben gelegene Korkschicht, (c) collenchymartiges Gewebe, (d) Drüsenzellen, welche das feste Harz (e) ausgeschieden haben. 100mal vergrössert.

Fig. 30. Harzgang aus dem Querschnitt des Blattes der Edeltanne; (c) die zartwandigen Drüsenzellen, (a) und (b) Parenchymzellen mit Stärkekörnern, (e) Oberhautzellen.

Gummi (nicht zu verwechseln mit Dextrin) wird in ähnlichen Organen erzeugt wie die Harze und wird meistens auch in eigene Gänge — Gummigänge — ergossen. Auch die Gummigänge platzen oft und tritt dieses dann ebenfalls auf die Oberfläche — Gummifluss — wie bei Kirsch- und Pflaumenbäumen. Nach Wiegand's Untersuchungen ist das Gummi nicht als ein Secret der Zellen, sondern als Auflösungsproduct von Zellen zu betrachten.

Die Epidermiszellen scheiden eine eigenthümliche Masse ab, welche an der Aussenseite der Zelle erhärtend, die Cuticulaschichten bildet und bei den meisten Pflanzen die Oberfläche der Blätter und Stengel bedeckt. Der Wachsüberzug der Blätter hingegen ist nicht als ein Secret zu betrachten, sondern als ein Umwandlungsproduct der Cuticula. Er fehlt nur wenigen Pflanzen. Stark entwickelt ist diese Wachsschicht bei den Gemüsepflanzen (Brassica) unserer Gärten; auf der Oberfläche des Stammes der Wachspalme (Ceroxylon andicola) erreicht der Wachsüberzug eine Dicke von 1—2 Linien. Der sogenannte Reif auf den Früchten vieler Pflanzen ist ein Wachsüberzug, — am bekanntesten ist der Reif der Pflaumen.

Der klebrige und schmierige Ueberzug, welcher sich auf dem Stengel vieler Pflanzen vorfindet, ist meistens das Product von Epithelialzellen, welche zwischen den Epidermiszellen in grösserer Zahl liegen.

Ein sehr verbreitetes Secret des Epitheliums ist der Zucker und die schleimigen Substanzen (Gummi, Pflanzenschleim); das schleimige Secret der Narbe, das süsse Secret der Nectarien an den Blumenblättern gehören hierher.

Die Secretion von Zucker, Gummi und Pflanzenschleim scheint hauptsächlich wohl auf einem Drucke zu beruhen, welcher vom Innern der Zelle nach aussen wirkt und die genannten Substanzen hinauspresst. Die Epithelialzellen sind sehr zartwandig, sie enthalten Stoffe mit starkem endosmosischem Aequivalente; diese Zellen müssen dadurch leicht und in grösserer Menge Wasser aufnehmen, in Folge dessen ein Druck erzeugt wird, welcher die Zellflüssigkeit und damit die in reichlicher Menge vorhandenen Secretstoffe hinauspresst.

Zu den Secreten müssen wir auch manche pathologischen Ausscheidungen rechnen und zwar hauptsächlich Wasser und Zucker. Man wird häufig beobachtet haben, dass an der Spitze

junger Cerialienhalme klare Wassertröpfchen hängen. Auch an den Blättern anderer Pflanzen lässt sich dies beobachten; die an den Spitzen und Sägezähnen der Blätter hängenden Wassertröpfchen sind ausgeschieden. Dieses Wasser ist nie rein, sondern enthält Salze und auch wohl geringe Mengen organischer Stoffe aufgelöst. Jedenfalls verdankt dieses Austreten des Wassers aus den Zellen auf die Oberfläche der Blätter seinen Ursprung einer in den Blättern herrschenden grossen Spannung, wodurch der Zellsaft nach aussen gepresst wird, und welche eintritt, wenn der Pflanze mehr Wasser aus dem Boden zugeführt wird, als sie verdunsten kann. Dass diese Erscheinung meistens während der Nacht eintritt, möchte man dem Umstande zuschreiben, dass die höhere Temperatur erst des Nachts in die wurzelbergende Schicht des Bodens eindringt, und eine starke Wasserströmung in die Pflanze veranlasst, während die äussere Temperatur gesunken und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft relativ grösser geworden ist, wodurch die Verdunstung herabgedrückt wird. Bei feuchtigkeitsarmer Atmosphäre wird dieses Phänomen nicht beobachtet.

Auf der Oberseite der Blätter mancher Pflanze, besonders von Bäumen und Sträuchern, an der jungen Aehre der Cerealien bemerkt man oft süssschmeckende Tröpfchen; es sind dies Ausscheidungen zuckerreicher Zellensäfte und wahrscheinlich auch durch starke Spannung der Zellen veranlasst. Es setzt diese Erscheinung freilich einen grossen Zuckergehalt der Zellen voraus. Man nennt diese Ausscheidungen gewöhnlich Honigthau; doch darf man nicht alles, was Honigthau genannt wird, hierher rechnen. Die zuckerreiche Ausscheidung der Blätter hat man früher für die Excremente von Milben oder Blattläusen gehalten, welche sich stets dabei finden; die Sache verhält sich indess umgekehrt, der süsse Saft lockt die Blattläuse an, und diese ernähren sich davon.

Eine interessante Art von Wasserausscheidung findet sich bei manchen und besonders bei tropischen Gewächsen. Es haben sich bei diesen blattartige Organe zu eigenthümlichen Wasserbehältern, Schläuchen u. dergl. ausgebildet. Mit diesen in Verbindung steht ein Epithelialgewebe, welches Wasser, und oft in sehr beträchtlicher Menge, absondert; dieses Wasser, Salze und organische Stoffe aufgelöst enthaltend, sammelt sich in den Wasserbehältern an. Derartige Pflanzen stehen in der Regel an sehr feuchten Orten, in Sümpfen, und offenbar ist die starke Zuführung

von Wasser bei reichem Gehalte an Eiweiss und schleimigen Substanzen die Veranlassung zu einer Spannung der Epithelialzellen und der Wasserausscheidung. Bei Nepenthes destilatoria enthält das in den Wasserbehältern befindliche Wasser 0,27 — 0,92 Procent fester Stoffe, darunter Citronensäure, Apfelsäure, Chlor, Kali, Natron, Kalk und Bittererde.

Wurzelausscheidung.

Die Frage, ob auch Stoffe aus der Pflanze durch die Wurzel in den Boden oder die Nahrungsflüssigkeit austreten können, ist lange eine Streitfrage gewesen; die Acten sind bis heute noch nicht darüber geschlossen. Früher schrieb man der Pflanze gar wunderliche Sachen zu: die eine Pflanze sollte Stoffe durch die Wurzeln ausscheiden, welche andern schädlich seien. Durch die Wurzelausscheidung sollte die Färbedistel (Serratula tinctoria) dem Hafer, das Berufskraut (Erigeron acre) dem Roggen, die Scabiosa dem Lein schädlich sein, ja man ging sogar soweit, dass man die Culturpflanzen, z. B. den Weizen, Stoffe ausscheiden liess, welche einer nachfolgenden Saat derselben Frucht auf demselben Felde schädlich seien. Diese Excrementtheorie wurde widerlegt und ihr folgte die Ansicht, dass aus der Pflanzenwurzel nichts ausgeschieden werde; Schleiden wies jedoch darauf hin, dass jede endosmosische Bewegung von einer exosmosischen begleitet werde, dass mithin die Möglichkeit einer Wurzelausscheidung nicht ausgeschlossen sei. Ich habe schon in einem früheren Capitel über die Möglichkeit des Austretens aller in der Pflanze gelöst vorkommenden und leichtdiffundirenden Stoffe gesprochen und verweise darauf. (S. 196 u. S. 215.)

Dass durch die Wurzel Kohlensäure austritt, lässt sich leicht nachweisen, wenn man eine Pflanze mit ihrer Wurzel in Wasser setzt, welches mit Lakmus etwas blau gefärbt ist; zuweilen, nämlich bei Pflanzen aus einem sehr humusreichen Boden (Gartenboden) tritt sofort eine Violetfärbung des Wassers ein, meistens aber ist diese erst nach mehreren Tagen zu sehen und zwar nachdem sich neue Wasserwürzelchen gebildet haben. Eine wirkliche Röthung findet man sehr selten. Die Röthung oder Violetfärbung verschwindet bei dem Kochen und darf demnach auf Kohlensäure gedeutet werden. Diese Kohlensäureausscheidung ist aber vielfach

überschätzt worden; ich habe bei sehr vielen Pflanzen nur eine geringe Farbenveränderung gefunden. Die Ansichten, die von Liebig und Anderen sowie auch früher von mir an diese Ausscheidung geknüpft worden sind, dürften leicht zu weit gehen, indem sie die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure, wie eben bemerkt, überschätzen. Dann aber darf nicht übersehen werden, dass in einem Boden, der auch nur geringe Mengen Humus besitzt, die Luft und das Wasser kohlensäurereich sind, dass in einem solchen Boden nothwendig noch Kohlensäure in die Pflanze eintreten muss, nicht aber Kohlensäure austritt, um etwa Nährstoffe zu lösen oder anderwärts thätig zu sein. Nur in einem ganz humusfreien Boden darf man der aus der Wurzel austretenden Kohlensäure einige lösende Wirkung auf die Pflanze zuschreiben, darauf allein angewiesen, würde aber eine Pflanze es nur zu einer äusserst kümmerlichen Ernährung bringen, wie z. B. in einem armen Sande, der auch aus der Atmosphäre nur geringe Mengen Kohlensäure zu absorbiren vermag.

Die Ausscheidung freier organischer Säuren oder doppeltorganischsaurer Salze scheint sehr selten zu sein; ich habe eine grosse Reihe von Pflanzen untersucht und eine derartige Ausscheidung nicht wahrnehmen können. Es scheinen hingegen häufiger gelöste neutrale organischsaure Salze von Pflanzen, die in Wasser vegetiren, ausgeschieden zu werden; auch werden solche Salze jedenfalls an den Boden abgegeben. Die meisten Pflanzen, welche ich untersucht habe, waren meistens schon ausgewachsen und standen in der Blüthe; ich will es deshalb dahingestellt sein lassen, ob junge und wachsende Pflanzen keine doppeltorganischsauren Salze ausscheiden, wenn ich auch bei einer grösseren Zahl von solchen jungen Pflanzen nichts derartiges beobachten konnte. Wenn man bedenkt, dass die feinsten Wurzelfädchen und die Wurzelhaare solche saure Verbindungen enthalten, so ist es kaum begreiflich, dass derartige Verbindungen nicht auch austreten sollten; dieselben müssen doch, falls sie nicht an Ort und Stelle gebildet werden, in gelöstem Zustande in die Wurzelhaare gelangt sein, und hier kann die Abscheidung nicht eine so plötzliche sein, dass nicht auch gewisse Antheile der gelösten sauren Verbindungen aus den Wurzelhaaren auf das umgebende Medium diffundiren sollten. Wir können nicht gut annehmen, dass die Membranbeschaffenheit eine solche sei, welche die Exosmose dieser Stoffe

gerade verhindere; es widerspricht dies der Erfahrung, denn eine Membran, die für mineralische Stoffe permeabel ist, ist es auch für nicht colloide organische Verbindungen und organischsaure Salze. Nur in dem Falle, dass die organischen Säuren sich in der wachsenden Wurzel bilden und sofort von Basen zu unlöslichen Salzen gebunden würden, wäre es denkbar, dass sie nicht aus derselben hinausdiffundirten; es würde dies aber voraussetzen, dass die Basen bereits ausserhalb der Wurzel gelöst sind und in endosmosischer Strömung zu den Wurzelzellen begriffen sind; wäre dies nicht der Fall, so würden sie aus den Zellen austreten und auf den Bodentheilchen Basen zur Lösung bringen. In einem Boden, der arm an lösenden Agenzien ist, würde die Pflanze vielleicht auf diese Weise einige Nahrungsstoffe zur Lösung bringen. Auch neutrale organischsaure oder doppeltorganischsaure Salze, wenn sie an die Bodentheilchen austreten, würden lösend auf die auf den Bodentheilchen adhärirenden absorbirten Nährstoffe wirken können.

Ob während der normalen Vegetation mineralische Stoffe aus der Wurzel austreten, wird von den Umständen abhängen. Stoffe, die in der Pflanze eine Formwandlung erleiden, oder in Formen übergeführt werden, welche nicht diffusibel sind, werden nicht leicht aus der Wurzel austreten; hingegen von anderen Stoffen wie z. B. von Chlornatrium ist eine Exosmose annehmbar, sobald die Zellflüssigkeit in Bezug auf dasselbe höher concentrirt ist wie die äussere Nahrungsflüssigkeit oder die Bodenlösung.

Als Knop Pflanzen in wässrigen Lösungen erzog, die viel salpetersaure Salze und Kali enthielten, sah er die Lösungen alkalisch werden und musste von Zeit zu Zeit Säuren hinzusetzen, um Neutralität oder schwache Acidität zu erhalten. Höchstwahrscheinlich rührt diese Alkalinität daher, dass salpetersaures Kali zersetzt und Kali frei wurde, welches sich mit Kohlensäure verband und aus der Pflanze austrat. Boussingault zog einen Helianthus in einem künstlichen, aus Quarzsand und Quarzsteinchen bestehendem Boden, welcher frei war von Nahrungsstoffen und mit salpetersaurem Kali gedüngt und mit destillirtem Wasser begossen wurde. Später fand er in diesem Boden kohlensaures Kali.*) Auch hier war ohne Zweifel die Salpetersäure in

*) Wilda, landwirthschaftliches Centralblatt 1859. Band I. S. 90.

der Pflanze zerlegt worden und das freigewordene an Kohlensäure gebundene Kali aus der Pflanze ausgetreten. In der normalen Vegetation scheinen derartige Vorgänge indess nicht vorzukommen; es müssen in der Pflanze soviel mineralische Säuren eingeführt oder organische Säuren erzeugt werden, dass das freiwerdende Kali gebunden wird; kohlensaures Alkali ist der Pflanze gewiss schädlich.

Organische Stoffe von colloider Natur, die also schlecht durch permeable Membranen hindurchgehen, werden nicht leicht aus der Pflanze austreten, so die eiweissartigen Stoffe, Dextrin, die pectinartigen Körper, manche organischsaure Salze.

Das Capitel von der Wurzelausscheidung ist noch eins der dunkelsten der Pflanzenphysiologie und wartet noch auf seinen Bearbeiter.

Die Beziehungen der anorganischen Stoffe zur Vegetation.

Vegetationsversuche. Um die Beziehungen zwischen den Pflanzennährstoffen und der Entwicklung der Pflanze kennen zu lernen, hat man bis jetzt vielfach den Weg der Vegetationsversuche eingeschlagen. Einem an pflanzlichen Nährstoffen möglichst freiem Boden gab man anorganische Nährstoffe in bekannter Menge und in gewissen Verhältnissen, schloss dabei aber denjenigen Nährstoff aus, dessen Wirkung studirt werden sollte. In einem solchen Boden liess man alsdann Pflanzen vom Samen aus vegetiren und erndtete sie in einer bestimmten Entwicklungsperiode. Ein anderer Weg war der, dass man den zu studirenden anorganischen Nährstoff in grösserer, überflüssiger Menge gab, während die anderen in solcher Menge vorhanden waren, dass sie eine wenigstens mittelmässige Erndte zugelassen hätten. In der letzten Zeit nun hat man den Boden ausgeschlossen und mit wässriger Lösung experimentirt, was insofern seine Vorzüge hat, dass man bestimmt weiss, wieviel die Pflanzen an Nährstoffen erhalten, was bei dem Boden, in welchem sich leicht wieder von Neuem Stoffe auflösen, nicht immer der Fall.

Ueber die Beziehungen der anorganischen Stoffe zu den organischen, über die Assimilation der ersteren haben alle diese

Versuche keinen Aufschluss gegeben; man begnügte sich damit, die Einwirkungen auf den Habitus zu beobachten, auch wohl mal das Erndtegewicht und die Aschenbestandtheile zu bestimmen, den Gehalt an organischen Stoffen hat man jedoch fast nie bestimmt.

Ob diese Vegetationsversuche von grossem Nutzen sein können, will ich hier nicht untersuchen; ich will indess daran erinnern, dass, sobald ein nothwendiger Nährstoff fehlt, die Bildung organischer Stoffe überhaupt darnieder liegt und dass ein Uebermaass des einen nicht stofferzeugend wirken kann, wenn die anderen nicht in entsprechender Menge in die Pflanzen eintreten. Nur in dem Falle könnten sie uns einigen Aufschluss gewähren, wenn die eine Gruppe der organischen Stoffe bei ihrer Erzeugung auf die Assimilation einer gewissen Reihe von Stoffen, worin aber nicht alle anorganischen Stoffe vertreten sind, angewiesen sei, während die andere Gruppe auf eine Reihe anorganischer Stoffe angewiesen ist, worin die in jener ersten Reihe fehlenden vertreten sind. So könnte man sich z. B. denken, dass zur Kohlenhydraterzeugung keine Phosphorsäure und keine Schwefelsäure nöthig sei, wohl aber sind diese zur Bildung von Proteinstoffen nöthig. Tritt nun soviel Phosphor- und Schwefelsäure in die Pflanze ein, dass die Pflanze sich vollständig entwickeln kann, ohne aber mehr Proteinsubstanz zu erzeugen, als zu ihrer normalen Ausbildung nöthig ist; treten dabei die zur Kohlenhydraterzeugung nöthigen Nährstoffe in grösserer Menge ein, als gerade zur normalen Ausbildung der Pflanze nöthig ist: so müssten die Kohlenhydrate in grösserer Menge erzeugt und angehäuft werden.

Derartige Versuche würden übrigens, wenn man die organischen Stoffe näher untersuchte und bestimmte, auch einiges Licht auf unsere Voraussetzung selbst werfen, auf die Frage nämlich, ob die eine Gruppe der organischen Stoffe andere anorganische Stoffe bedarf wie eine zweite Gruppe.

Für das Studium der Entwicklung unserer Culturpflanzen könnten diese Versuche mehr Interesse haben, da es bei diesen hauptsächlich um Production und Anhäufung gewisser Stoffe in der Pflanze ankommt, bei den Cerealien z. B. auf möglichst grösste Anhäufung von Stärkemehl in den Samen, bei der Zuckerrübe auf Anhäufung von Zucker in der Wurzel. Die landwirthschaftliche Praxis bekümmert sich weniger um die physiologischen Vorgänge in der Pflanze selbst, als um die Resultate dieser Vorgänge; sie

ist zufrieden, wenn sie z. B. sieht, dass durch phosphorsäurereiche Düngemittel die Körnerbildung begünstigt und deren Ertrag vermehrt wird.

Ammoniak. Salpetersäure.

Um die Wirkung der Stickstoffnahrung kennen zu lernen, liess Stohmann Mais vom Keime an in wässriger Lösung vegetiren, welche zwar alle Mineralstoffe enthielt, worin jedoch jede Stickstoffnahrung fehlte. Die Pflanzen entwickelten sich, blieben aber in allen ihren Verhältnissen klein und kümmerlich; es bildeten sich kleine Blätter, die nach einander abstarben, während neue sich entwickelten; die Pflanzen lebten lange Zeit fort, gelangten jedoch nicht zur Blüthe und wurden, als die Zeit schon soweit vorgeschritten war, dass man an ein Blühen nicht mehr denken konnte, geerndtet. Die organische Masse hatte sich um etwa das zwölffache vermehrt. Dieselbe war reich an Mineralstoffen. Wurde solchen ohne Stickstoffnahrung erzogenen Pflanzen später Stickstoff gegeben, indem man der Lösung eine geringe Menge salpetersauren Ammoniaks zusetzte, so trat sehr bald eine ziemlich kräftige Entwicklung ein, die mit Samenbildung endete. Also auch ohne Stickstoffnahrung in der Nahrungsflüssigkeit konnte der Mais organische Stoffe bilden; der dazu nöthige Stickstoff musste aus der Atmosphäre stammen und wurde von den Blättern in Form von Ammoniak oder salpetersaurem (und salpetrigsaurem) Ammoniak aufgenommen und durch die Verdunstung des Wassers aus den Blättern erzeugt.

Auch Salm-Horstmar sah verschiedene Pflanzen, ohne Stickstoffnahrung von dem Boden zu empfangen, sich entwickeln, wobei dieselben aber ebenfalls kümmerlich blieben und ihre organische Masse nur um Weniges vermehrten — Brassica praecox erhielt zwei Blätter, gelangte auch zur Blüthe, ohne aber Samen zu erzeugen.

Nach den Versuchen von Hellriegel entwickelte sich Gerste in einem so nahrungsstoffarmen Sande, dass ohne Düngung in demselben die aus dem Samen aufgehende Pflanze ohne Vermehrung der organischen Masse blieb, nachdem demselben alle Nahrungsstoffe in genügender Menge, aber ohne Stickstoffnahrung zugeführt waren, zwar normal, brachte auch einige kleine Körner bei, wobei

sich jedoch die organische Masse nur um das 3—4fache vermehrt hatte. Die Pflanzen blieben klein und kümmerlich, die Halme schwach und dünn, ohne jegliche Bestockung, kurz ein Gersten-Exemplar en miniature, eine sonst normale Pflanze (wohl zu verstehen, keine Culturpflanze). Mit der Stickstoffnahrung, welche Boden und Pflanze aus der Atmosphäre empfangen, können also Pflanzen, deren normaler Entwicklungsgang ohne Erzeugung einer grösseren Menge von organischer Masse verläuft, wohl vegetiren. Der im vorliegenden Versuche verwendete Boden war indess nur reiner Sand, welcher nur wenig Ammoniak aus der Atmosphäre zu absorbiren vermag; in jedem Boden, der eine grössere absorbirende Kraft gegen das Ammoniak der Atmosphäre besitzt, würde die Production der organischen Masse gewiss eine grössere gewesen sein.

Aehnlich verhielt sich die Gerste in Sand, der in genügender Menge Mineralstoffe enthielt, aber eine zu geringe Menge Stickstoffnahrung. Die Gerste entwickelte sich gut, ohne Ueppigkeit, ohne Bestockung; der einzige Halm, nachdem die Blattbildung vollendet war, producirte eine schöne lange Aehre. Erst als diese abgeblüht und reichlich Körner angesetzt hatte, schob sich am Grunde noch ein junger Seitenzweig hervor, welcher sich ebenfalls bis zur Samenbildung entwickelte, während die Samen des ersten Halmes reiften. Dieser Versuch zeigt also, dass bei zu geringer Stickstoffnahrung die Pflanze zur Fruchtbildung treibt, ohne eine grössere Menge organische Masse in den Blättern zu erzeugen, wie dies bei normal vegetirender Gerste durch reichliche Bestockung der Fall ist.

Mit Zunahme der Stickstoffnahrung stieg in den Hellriegel'schen Versuchen auch die Bestockung, und die Erzeugung der organischen Masse der Blätter nimmt verhältnissmässig mehr zu, wie die des Samens.

Bei überreicher Stickstoffnahrung war die Bestockung eine sehr bedeutende; die ganze Lebensthätigkeit der Pflanze schien nur in Sprossen- (Blatt-) bildung aufzugehen. Am Grunde des Haupthalmes trieben bis zu Ende der Vegetationsperiode immer neue Sprossen hervor, während die älteren Halme bis zur Blüthe gelangten. Bei keinem einzigen Halme trat aber Samenbildung hervor; die Blattmasse wurde hier demnach auf Unkosten der Samenbildung übermässig vermehrt. Eine interessante Erscheinung

boten jene Pflanzen dar, welche ein Uebermaass von Stickstoffnahrung erhielt: die Pflanzen blieben klein, schwächlich, dennoch machten sie alle Stadien der Entwicklung durch. Es liesse sich denken, dass in dem letzten Falle die Concentration der Bodenlösung zu gross war, diese ebenfalls eine zu hohe Concentration der Zellflüssigkeit veranlasste, wodurch die Bildung organischen Stoffes gestört wurde.

Siegert beobachtete bei Weizen und Roggen, die eine starke Düngung von Ammoniaksalzen erhielten, dass der Ertrag erhöht wurde und zwar wirkte die Düngung verhältnissmässig mehr auf die Erzeugung von Stroh als von Korn; sie hatte zwar die grösste Zahl von Körnern hervorgerufen, die Aehre blieb aber dennoch dürftig und die Körner leicht. Die salpetersauren Salze hatten auf die Vermehrung der Pflanzensubstanz nicht so intensiv wie die Ammoniaksalze gewirkt, aber sie erzeugten schwere Pflanzen mit reichen Fruchtständen.

Auf die Wurzelentwicklung ist die Stickstoffnahrung ebenfalls von bedeutendem Einflusse; stickstoffreiche Nahrung erzeugt ein mächtiges Wurzelwerk und die knollen- und rübenartigen Anschwellungen der Wurzeln werden durch sie an Umfang vergrössert, ohne dass aber gleichzeitig die in diesen Organen abgelagerten Kohlenhydrate — Zucker, Stärkemehl — in gleichem Verhältnisse zunehmen, es sei denn, dass die Nahrung in jeder Beziehung eine reiche ist.

Fassen wir all' das vorhin Gesagte zusammen, so lässt sich wohl nicht verkennen, dass die Stickstoffnahrung zu der Anlage der pflanzlichen Organe hauptsächlich in Beziehung steht; wir sehen ja reiche Blattentwicklung, üppige Wurzeln, Anlage der Fruchtorgane, die aber bei einseitiger reicher Stickstoffnahrung nicht zur gehörigen Ausbildung kommen; überhaupt entwickeln sich alle Organe, in welchen sich Reservestoffe ansammeln, üppig, ohne dass die Reservestoffe selbst in entsprechender Weise vermehrt werden. Die Entwicklung der pflanzlichen Organe beruht auf Zellenvermehrung; es müssen also die stickstoffhaltigen Nährstoffe besonders die Bildung zellenerzeugender Stoffe veranlassen, und diese sind die eiweissartigen Verbindungen. Freilich können die stickstoffhaltigen Nährstoffe allein nicht zu eiweissartigen Verbindungen assimilirt werden, es gehören dazu auch schwefel- und phosphorhaltige Nährstoffe; indess scheinen dieselben in geringer

Menge schon zur Bildung der eiweissartigen Substanzen zu genügen und fällt das Hauptgewicht den stickstoffhaltigen Nährstoffen zu. Aus dieser Ursache lässt es sich auch erklären, dass bei mehreren der vorhin erwähnten Versuchen die Entwicklung der Pflanzen-Organe, quantitativ und räumlich, mit der Zunahme der stickstoffhaltigen Nährstoffe, wenn auch die übrigen Nährstoffe nicht vermehrt wurden, in Beziehung stand.

Da also phosphor- und schwefelliefernde Nährstoffe in geringer Menge zur Bildung stickstoffhaltiger organischer Substanzen genügen, so werden wir durch vermehrte Zufuhr stickstoffhaltiger Nahrung die Entwicklung der Organe treiben können. In landwirthschaftlicher Beziehung würde das Hauptgewicht auf die Entwicklung der Assimilationsorgane, der Blätter, und auf die Entwicklung derjenigen Pflanzentheile fallen, in welchen sich Reservestoffe ansammeln, Wurzeln, Samen u. s. w. Je blätterreicher eine Pflanze ist, um so grösser wird auch ihre Assimilation sein, um so mehr Pflanzenstoffe, organische Masse überhaupt und Reservestoffe insbesondere, können gebildet werden. Die Reservestofforgane müssen aber auch räumlich entwickelt sein, um die in den Assimilationsorganen gebildeten Stoffe in grösserer Menge aufnehmen zu können. Man mache sich die Sache an der Zuckerrübe klar. Durch Blätterreichthum wird viel Zucker erzeugt; eine stark vermehrte Zellenbildung in der Wurzel ist gleichbedeutend mit grösserer räumlicher Entwicklung des Parenchyms daselbst, in welchem sich der Zucker ansammelt.

Wir dürfen indess auch nicht ausser Acht lassen, dass bei manchen Pflanzen durch üppige Entwicklung der Organe die Bildung von Reservestoffen zurückgedrängt wird; man hat häufig genug Gelegenheit, dieses bei den Cerealien zu beobachten, die durch überreiche Stickstoffnahrung bei mangelnder sonstiger Nahrung ein üppiges Halmwerk bilden, aber nicht zur gehörigen Samenentwicklung gelangen; in den vorhin mitgetheilten Versuchen von Hellriegel kam dies oftmals vor, die Gerste gelangte zur Aehrenbildung und zum Blühen, aber die Körner blieben aus. Bei Wurzelgewächsen ist die Entwicklung der Wurzeln voluminös, aber dem Umfange entspricht nicht der Gehalt an Reservestoffen — zuckerarme Rüben z. B. — Man findet diese Erscheinung auf einem Boden, der an Nährstoffen noch so reich ist, dass er eine mittelmässige Erndte an Körnern u. s. w. geliefert haben würde;

wird einem solchen Boden dann aber noch stickstoffreiche Nahrung gegeben, ohne gleichzeitig auch entsprechend die anderen Nährstoffe zu erhöhen, so schiessen die Gewächse in's Kraut, wie man zu sagen pflegt; üppiges Stengel- und Blattwerk, aber wenig Stärke in den Kartoffelknollen, wenig Zucker in den Rüben, leichte stärkearme Körner bei den Cerealien u. s. w. Die reichliche Bildung eiweissartiger Stoffe scheint hieran Schuld zu sein; sie sind die Grundlage der Zellenvermehrung; wo sie zugegen sind, wo sie sich anhäufen, da tritt Zellentheilung, Zellenvermehrung ein, welche aber auch die stickstofffreien organischen Stoffe, die Kohlenhydrate, mit in Anspruch nimmt. Wenn es richtig ist, dass die Kohlenhydrate die organischstoffliche Grundlage der Eiweissbildung sind, so ist es klar, dass die reiche Gegenwart von stickstoffhaltigen Nährstoffen die Kohlenhydrate mit in die Bildung stickstoffhaltiger Substanz hineinzieht; wenn dann die Bildung der Kohlenhydrate nicht in einem höheren Grade zugegen ist, als sie bei der Erzeugung der eiweissartigen Stoffe consumirt werden, so kann sich natürlich ein Vorrath der ersteren — als Reservestoffe — nicht ansammeln. Machen wir uns das an einem Beispiele klar. Denken wir uns, es sei zur Bildung von 1 Aequivalent Eiweissstoff 1 Aequivalent Kohlenhydrat nöthig. Wenn nun ein Boden soviel Nährstoffe enthält, dass sich 1 Aequivalent Eiweissstoff und 3 Aequivalente Kohlenhydrat in einer Cerealienfrucht bilden, so würden 2 Aequivalente Kohlenhydrat in den Samen sich anhäufen; es könnte dies eine Mittelerndte an Stroh und Körnern sein. Vermehren wir nun aber die stickstoffhaltigen Nährstoffe derart, dass sich 3 Aequivalente Eiweissstoff bilden, so werden die 3 Aequivalente Kohlenhydrat zur Eiweissstoffbildung consumirt und in den Samen wird sich nichts ansammeln können; es wird das Stroh sich üppig entwickeln, die Körner aber werden leicht und schlecht bleiben, es giebt eine reiche Stroh-, aber eine arme Körnererndte.

Der Umstand, dass einseitig im Stickstoff vermehrte Düngung das Kraut üppig entwickelt, die Kohlenhydrat-Reservestoffe aber vermindert, scheint dafür zu sprechen, dass die Kohlenhydrate zur Bildung von Eiweissstoffen oder überhaupt von stickstoffhaltigen organischen Stoffen mit beitragen.

Die praktische Nutzanwendung des Obengesagten ist etwa in dem folgenden Satze auszudrücken: Wer Blatt und Stengel —

Kraut — produciren will, muss eine an Stickstoff überreiche Nahrung geben, besonders Ammoniak und ammoniakbildende Düngstoffe, die übrigen Nährstoffe dürfen natürlich auch nicht fehlen; wer aber Körner, Zucker, Stärkemehl in reicher Menge erzeugen will, der muss die stickstoffhaltigen Nährstoffe in einem gewissen Verhältnisse zu den Kohlenhydrat erzeugenden Nährstoffen geben, wobei die letzteren vielleicht überwiegen dürfen, von beiden natürlich aber in reichlicher Menge. Die Kenntniss von der Pflanzenernährung ist indess noch nicht soweit, um bestimmte Verhältnisse angeben zu können. Ich werde in einem späteren Abschnitte noch einmal darauf zurückkommen.

Aus allen Vegetationsversuchen ging hervor, dass wenn eine Pflanze von dem Keime an darauf angewiesen ist, ihre Stickstoffnahrung aus der Atmosphäre aufzunehmen und selbst zu bilden, die Production von Pflanzenmasse eine kümmerliche ist. Giebt man aber einer Pflanze neben der passenden Menge der anderen Nahrungsstoffe auch soviel Stickstoffnahrung, dass sich vermittelst dieser Blätter und Wurzel mächtig entwickeln, so kann auch aus der Atmosphäre und durch Verdunstung eine solche Menge von Stickstoffnahrung aufgenommen werden, dass die Bildung der Proteinstoffe weit die den Pflanzen durch den Boden gegebene Stickstoffnahrung übersteigt. Solche Verhältnisse treten aber nur bei blattreichen Pflanzen ein — Klee, Hülsenfrüchte — weshalb diese den Boden nicht an Stickstoffnahrung so sehr erschöpfen wie blattarme Pflanzen — Cerealien —. Wollen wir den blattreichen Pflanzen die Stickstoffvermehrung möglich machen, so müssen wir vom Boden aus durch Stickstoffnahrung für eine kräftige Entwicklung des Blattwerkes der jungen Pflanze sorgen.

Kali.

Bei vollständigem Ausschluss des Kali kann keine Pflanze gedeihen. Es findet sich in allen Gewächsen, und wenn auch von einigen Chemikern kalilose Pflanzen angegeben werden, so scheint diese Angabe auf einem Irrthum zu beruhen. James fand in der Asche von Fucus vesicolosus (eine Meeralge) kein Kali, alle anderen Analytiker fanden dieses aber in allen Fucusarten und Gaedechens und Forchhammer mehr als 30 Procent. So fand Baer bei zwei Analysen von Rothbuche im Holze kein Kali, von anderen Chemikern ist es aber gefunden worden.

Cameron zog Gerste, Hafer, Erbsen und Poa trivialis in einem künstlichen Boden, aus 25 Theilen Quarzsand, 15 Theilen Thonerde und 60 Theilen unlöslichem schwefelsaurem Baryt bestehend. Er gab in Einer Versuchsreihe alle Nahrungsstoffe mit Ausnahme des Kalis, wofür das Natron in grösserer Menge gegeben wurde; es war dies die Reihe A; die Reihe B erhielt die sämmtlichen Nahrungsstoffe der Reihe A und in derselben Menge mit Zusatz von Kali; einer dritten Reihe, C, wurden die Nahrungsstoffe der Reihe B gegeben, wobei jedoch das Natron gänzlich wegfiel und durch Kali substituirt wurde.

Versuchsreihe A. Die Gerste keimte vollständig und ging auf, am 42. Tage nach der Saat waren aber alle Pflanzen zu Grunde gegangen. Die Hafersaat keimte und erzeugte Halme, doch erreichte nicht eine einzige ihre völlige Entwicklung, noch weniger kam es zum Ansatze von Blüthe und Samen. Die Erbsen brachten nur schwache und blasse Stengel, bei keiner Pflanze waren mehr als vier kleine Blätter entwickelt; der Tod sämmtlicher Pflanzen erfolgte noch vor dem 21. Tage. Die Grassaat (Poa trivialis) brachte anscheinend bessere Resultate ohne Kaligehalt des Bodens hervor; zwar gingen einige Pflanzen früh unter, andere fristeten ihr Leben jedoch beinahe zwei Monate und machten in einigen Fällen einen schwachen Versuch zum Blühen. In keinem Falle wurden Samen entwickelt. Die Pflanzen lebten in dem Boden dieser Versuchsreihe von dem Kali der Samen und ist es nicht unwahrscheinlich, dass der Boden auch noch etwas Kali enthielt.

Versuchsreihe B. Die Vegetation der Gerste, des Hafers und der Bohnen verlief zwar normal, die Pflanzen blieben aber im Ganzen nur kümmerlich und besonders die Samenbildung blieb mangelhaft, wenige und kleine Samen. Die Poa ging gut auf, zeigte sich besser wie die anderen Pflanzen, blieb aber auch in der Samenbildung zurück. Wie es scheint, enthielt der Boden zu viel Natron.

Versuchsreihe C. Hafer, Gerste, Erbsen und Poa gediehen gut; ihre Vegetation war eine regelmässige. Hiernach zu urtheilen, können die genannten Pflanzen ohne Natron vegetiren.*)

Dieser Versuch führt zu dem Schlusse, dass ohne Kali die

*) Landwirthschaftliches Centralblatt für Deutschland 1862. Heft VII. u. VIII.

Entwicklung der Pflanzen nicht möglich ist, dass das Kali nicht durch Natron vertreten werden kann, dass die genannten Pflanzen das Natron entbehren können und schliesslich dass die Erbsen in einem kaliarmen Boden (Versuchsreihe A) besser als die Getreide-Arten gediehen, von dem Grase aber in dieser Beziehung übertroffen wurden.

Aus den mehrerwähnten Versuchen von Hellriegel*) mit Gerste in Sand ergab sich, dass zu geringe Kalinahrung die Ausbildung der Samen verhinderte, wenngleich auch die Pflanze gehörig zur Blüthe gelangt und in ihrem Halme normal entwickelt war, natürlich in dem Falle, wo die übrigen Nährstoffe in genügender Menge gegeben wurden. Bei reicher Kalinahrung, wenn sonst die Nährstoffe in richtigem Verhältnisse gegeben worden waren, entwickelten sie sich reichlich und gut.

Hinsichtlich der Wurzelgewächse giebt uns der früher besprochene Versuch von Nobbe mit Runkelrüben einigen Aufschluss. Wir sahen daselbst, dass die mit Kalisalzen gedüngten Rüben die schwersten waren und am meisten Zucker auf einer gegebenen Fläche producirten; eine Ausnahme hiervon machen kohlensaures Kali und phosphorsaures Kali hinsichtlich der producirten Rübenmenge und dem durchschnittlichen Gewicht der Rüben; die Zahlen sinken unter die des ungedüngten Bodens, welcher 4 Rüben trug; bei dem kieselsauren Kali hatte sich Rübengewicht und Rübenmenge nicht wesentlich verändert. Auffallend bei diesem Versuche war der Umstand, dass bei einigen Kalisalzen (salpetersaurem, kohlensaurem und kieselsaurem Kali, sowie bei dem Chlorkalium) die Blattmasse nicht erhöht war, trotzdem das durchschnittliche Gewicht der Rüben bei den meisten Salzen und die producirte Zuckermenge bei allen grösser gefunden wurde.

Ich habe die betreffenden Erndteergebnisse in der folgenden Tabelle noch einmal zusammengestellt und ging dabei von dem ungedüngten Boden Nro. II. aus, auf welchem 4 Rüben gewachsen waren; Nro. I., auf welchem nur 3 Rüben wuchsen, dürfte nicht zum Vergleiche herangezogen werden.

---

*) Annalen der Landwirthschaft in den preussischen Staaten. 1861. Heft X. u. XI.

Erndteergebnisse von 1 Quadratmetre Fläche.

Düngung.	Zahl der Rüben.	Durchschnittliches Gewicht einer Rübe in Grammen.	Producirte Zuckermenge in Grammen.	Frische Rüben in Kilogrammen.
Ohne Düngung (II.) .	4	2117	360,65	8,470
Kohlensaures Kali .	4	1800	503,37	7,200
Phosphorsaures Kali .	4	1921	861,11	7,685
Salpetersaures Kali .	4	2419	704,83	9,675
Chlorkalium	4	2815	794,17	11,260
Schwefelsaures Kali .	4	2414	759,02	9,658
Kieselsaures Kali . .	4	2200	485,06	8,800

Unverkennbar hat das Kali einen sehr günstigen Einfluss auf die Production des Zuckers gehabt, selbst in dem Falle, wo die Rüben leichter waren als im ungedüngten Boden, und, wo ein geringeres Quantum Rüben dem Gewichte nach producirt wurde, war doch die Zuckermenge bedeutend gestiegen.

Natron.

Ob das Natron ein den Gewächsen nöthiger Stoff ist, kann im Allgemeinen nicht entschieden werden; es scheint Pflanzen zu geben, die ohne Natron den ganzen Cyclus der Vegetation durchmachen können, während andere dasselbe nöthig zu haben scheinen. Das Vorkommen von Natron in den Pflanzen kann uns nur wenig Aufschluss darüber geben. Es finden sich nur wenige Pflanzen, die in ihrem Kraute oder im Holze frei von Natron sind, die Samen hingegen scheinen in der Regel kein oder doch nur Spuren von Natron zu enthalten, selbst auf einem natronhaltigen Boden. Es ist dies jedoch nicht entscheidend für die Frage, ob zur Samenbildung Natron nöthig sei; es könnte das Natronsalz ja auch, nachdem es seine Function in dem sich ausbildenden Samen vollendet, wieder in den Stengel zurückkehren. E. Wolf fand in allen Theilen der Rosskastanie, im Bast, Holze, in den Blättern, in den verschiedenen Theilen der Blüthe und in der Frucht, kein Natron. Beachtenswerth ist die Behauptung E. Wolf's, dass viele Pflanzen im wildwachsenden Zustande

Natron enthalten, während es im cultivirten Zustande nicht zu finden ist; er führt unter anderen Pflanzen den Spargel (Asparagus officinalis) an, welcher nach Herapath als wildes Gewächs 16,2 Procent Natron in der Asche hatte, in der cultivirten Pflanze jedoch nur Spuren erkennen liess; der Kaligehalt war dabei gestiegen. Pflanzen vom Meeresstrande, also von einem in grösserer Menge Chlornatrium enthaltenden Boden, sowie Meergewächse überhaupt enthalten in ihrer Asche viel Natron und scheinen dieselben das Natron nicht entbehren zu können.

Den sichersten Aufschluss geben uns die Vegetationsversuche in wässrigen Lösungen.

Knop kam zu dem Resultate, dass Natron der Landpflanze zur Erzeugung organischer Masse nicht nothwendig sei, ein Schluss, der wenigstens für Mais als sicher anzunehmen ist.*)

Nobbe und Siegert erzogen Buchweizenpflanzen in wässrigen Lösungen und fanden das Natron ebenfalls überflüssig.**)

Stohmann hingegen vermochte in natronfreien Lösungen keine normale Maispflanzen zu erziehen; sie blieben meist verkrüppelt und, was besonders auffallend war, die männliche Blüthe kam nicht zur Entwicklung oder doch nur unvollkommen.***)

Salm-Horstmar erachtet das Natron bei der Haferpflanze als unentbehrlich zur Fruchtbildung; für die Entwicklung der Brassica praecox schien es nicht unbedingt nothwendig, wohl aber wirkten kleine Mengen sehr günstig. Nach den Versuchen dieses Forschers scheint Weizen des Natrons bedürftig zu sein, Gerste hingegen dasselbe zur Fruchtentwicklung entbehren zu können, während das Wachsthum doch durch geringe Natrondüngung wenigstens befördert wird.

Ueber die Function des Natrons im Vegetationsprocesse und bei der Stoffbildung lässt sich demnach noch nicht aburtheilen; neue Versuche müssen Licht darüber verschaffen. Wenn das Natron nöthig ist, so kann es wahrscheinlich eben sowenig in seiner ganzen Menge durch Kali vertreten werden, als das Kali durch andere Stoffe; jedem Stoffe ist seine eigene Rolle in den Lebensprocessen der Pflanze zugetheilt. Die neuesten Unter-

---

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band III. S. 301.

**) Ebendaselbst. Band IV. S. 339.

***) Journal für Landwirthschaft 1862. Heft I. S. 41.

suchungen von Knop widerlegen die Ansicht von der Basenvertretung unzweifelhaft. Kali, Magnesia und Kalk sind bei der Vegetation gleichnöthige Stoffe.*)

Düngungsversuche mit Natronsalzen im Boden dürften wohl wenig geeignet sein, ein sicheres Resultat zu liefern, weil man dabei beständig im Zweifel sein muss, ob das Natronsalz direct als Nährstoff oder als lösendes Agenz gewirkt hat. Neue Vegetationsversuche werden deshalb mit wässrigen Lösungen anzustellen sein.

Kalk.

Zu den nothwendigsten Nährstoffen der Pflanze gehört der Kalk; ohne denselben bringt es die Pflanze nicht über den Zustand der Keimpflanze hinaus, d. h. ihr Wachsthum hört auf, wenn die im Samen aufgespeicherten Reservestoffe in neue Pflanzenmasse verwandelt sind.

Wie aus den Versuchen Hellriegel's**) mit Gerste in Sand hervorzugehen scheint, übt der Kalk den meisten Einfluss auf die Blattentwicklung. Lösliche Kalksalze in Uebermaass gegeben, treibt die Gerste zur Sprossen- und Halmentwicklung, wodurch dann die Ausbildung der Aehre leidet und zurückbleibt. Unzweifelhaft übt der Kalk aber auch seinen Einfluss auf die Samenentwicklung.

Ueber die Beziehungen des Kalkes zur Bildung der organischen Stoffe lässt sich nichts Zuverlässiges sagen; die Anhäufung des Kalkes in den Blättern dürfte keine Schlüsse gestatten; jedenfalls dürfen wir aber nicht annehmen, dass er bei den Blattpflanzen dadurch zur Ausscheidung gelange, dass er ein Aequivalent Kohlensäure verliere und dadurch unlöslich werde; dass in den Blättern kohlensaurer Kalk zugegen sei, dürfen wir nicht annehmen, vielmehr ist er hier wie überhaupt in der Pflanze an organische Säuren gebunden, womit er meistens in unlöslicher Form ausgeschieden ist. In dieser Beziehung scheint er von grosser Bedeutung zu sein, indem durch ihn den Lebensprocessen vielleicht feindliche organische Säuren in unlösliche und dadurch in unwirksame Formen übergeführt werden. Es ist wohl kaum zu bezweifeln,

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band V. S. 103.

**) Annalen der Landwirthschaft in den preussischen Staaten. 1861 Heft X. u. XI. S. 346.

dass die Unentbehrlichkeit des Kalkes gerade in der letzten Function, als Säurenbinder also, ihren Grund hat. Bei Wasserpflanzen mag jedoch auch Kalk in der Form des kohlensauren abgeschieden werden und ohne dass er irgend eine andere Function bei den Lebensprocessen dieser Pflanzen verrichtet hat, als einen Theil seiner Kohlensäure zur Assimilation abzugeben. Bei den Characeen findet dergleichen gewiss statt.

Magnesia.

Der magnesiareichste Theil der Pflanze ist der Same und auf die Samenentwicklung hat die Magnesia den bedeutendsten Einfluss, obgleich nicht zu verkennen ist, dass sie auch zur Bildung der organischen Masse überhaupt, sowie zur Entwicklung der Blätter, des Krautes, nöthig ist. Nach den Stohmann'schen Versuchen mit Mais in wässrigen Lösungen ging die Pflanze in magnesiafreier Lösung etwas weiter wie in der kalkfreien Lösung; nachdem sich das Gewicht der Trockensubstanz um das achtfache des Samens erhöht hatte, blieb die Pflanze in der Entwicklung zurück.

Nach den Versuchen von Salm-Horstmar in einem an sich nährstofffreien Boden entwickelte sich Brassica praecox ohne Magnesia bis zum fünften Blatte und trieb Blumenknospen, welche aber nicht zum Aufblühen gelangten, während sie ohne Kalk schon zu Grunde ging, ehe sich noch ein Blatt entwickelt hatte. Ohne Magnesia bildete sich der Hafer ebenfalls besser wie ohne Kalk, der Halm blieb aber schmächtig und vermochte sich nicht aufzurichten.

Aus den Versuchen Hellriegel's lässt sich ersehen, dass bei geringem Magnesiagehalte die Körner unentwickelt bleiben und die entwickelten leicht sind.

Sollte die Magnesia bei der Samenbildung nicht darin einige Bedeutung haben, dass sie die an eine andere Base gebundene und in den Samen diffundirende Phosphorsäure aus ihrer Verbindung ausscheidet und sich mit ihr verbindet, um sie in eine mehr unlösliche Form überzuführen? So kann man, wenn die Voraussetzung richtig ist, dass ein basisches Phosphat die Diffusibilität der Proteinstoffe bedinge, sich denken, dass die Magnesia die Phosphorsäure bindet, wodurch das in den Samen diffundirte Eiweis zur Ausscheidung gelangen kann und nun in andere Formen übergeht, in Kleber etc.

Eisen und Mangan.

Lange hat man das Eisen für einen in den Vegetationsprocessen unentbehrlichen Stoff gehalten; besonders brachte man ihn mit der Chlorophyllbildung in Beziehung; Eisenmangel sollte die Pflanzen bleich machen, Chlorose, wie man es nannte, erzeugen. Verdeil und Andere gaben an, dass das Eisen ein nothwendiger Bestandtheil des Chlorophylls sei, was aber von Mulder und durch neue Untersuchungen in Abrede gestellt wird. Vielfach wurde beobachtet, dass chlorotisch gewordene Pflanzen, besonders die in wässrigen Lösungen vegetirenden durch Zusatz von Eisensalzen zu ihrer Nahrungsflüssigkeit von Neuem ergrünten.

Nach den Versuchen von Salm-Horstmar mit Pflanzen in einem an sich nährstofffreien Boden wurde Hafer ohne Eisen bleichsüchtig und blieb überhaupt zurück; ohne Eisen brachte Brassica praecox es nur zum vierten Blatte, war blass und starb.

Nach neueren Untersuchungen von Knop und Wolf ist es indess nicht der Mangel an Eisen, welcher die Pflanzen chlorotisch macht, sondern Alkalinität. Eine in schwach alkalischer Lösung vegetirende Pflanze wird chlorotisch und oftmals gelingt es, durch schwaches Ansäuern mit Salzsäure oder Phosphorsäure die Pflanze wieder ergrünen zu machen; in den meisten Fällen hebt schwefelsaures Ammoniak die Chlorose, wahrscheinlich weil sein Ammoniak in der Pflanze zersetzt wird und die Schwefelsäure die Basen bindet. Auch der Zusatz von Eisensalzen bewirkt oft das Ergrünen der chlorotisch gewordenen Pflanzen und offenbar ist nur die Acidität der Eisensalze die Ursache dieser Erscheinung, nicht aber das Eisen selbst, als ein Stoff, welcher zum Chlorophyll in näheren Beziehungen stände. Knop hat Kresse (Lepidium sativum) in Lösungen ohne Eisen und Wolf Mais in solchen Lösungen erzogen, wobei sich vollständig normal entwickelte Pflanzen bildeten; es wurde aber dafür gesorgt, dass die Lösungen nicht alkalisch wurden.*) Indess kann man hier nicht sagen, dass die Pflanzen gänzlich ohne Eisen gewachsen sind, denn sie brachten immerhin ein wenig Eisen in dem Samen mit; jedenfalls genügt den Pflanzen, wenigstens den eben genannten, zu ihren Vegetationsprocessen eine äusserst geringe Menge Eisen, wenn es überhaupt nöthig sein sollte.

*) Chemisches Centralblatt 1861. Seite 476 und 572.

Die neuesten Untersuchungen Knop's mit Mais in wässrigen Lösungen ergaben, dass die Versuchspflanzen ohne Eisen nicht fortkamen, dass sie sich aber schon zu entwickeln vermögen, wenn sie nur in der ersten Zeit ihres Wachsthums, wenn sie überhaupt nur eine sehr geringe Menge Eisen aufnehmen.*)

Erhält die Pflanze in grösserer Menge das Eisen, so geht sie zu Grunde; Lösungen, in welchen sich 0,05 Gramm gelöste Eisensalze im Litre finden, sind den Pflanzen unzuträglich. Salm-Horstmar fand nach Zusatz von Eisensalzen zu seinem Versuchsboden, Hafer sehr üppig werden, es zeigten sich aber auf den Blättern vertrocknete Stellen, zu viel Eisen dem Boden zugesetzt vergrösserte die vertrockneten Stellen und verhinderte die Pflanze am Blühen. Gewisse Pflanzen scheinen das Eisen in grösserer Menge vertragen zu können, z. B. verschiedene Rumexspecies — Rumex acetosella und acetosa besonders — die als Charakterpflanzen des eisenschüssigen Bodens anzusehen sind.

Mangan findet sich zwar in manchen Pflanzen, scheint aber ein accidentieller Bestandtheil zu sein, der zufällig, weil er im Boden vorhanden ist, mit in die Pflanzen eintritt. Zur Vegetation wenigstens der Culturpflanzen scheint er nicht nöthig zu sein; in den Vegetationsversuchen hat man keine Rücksicht darauf genommen, ohne dass man dadurch den Pflanzen geschadet hätte. Salm-Horstmar hat bei seinen Vegetationsversuchen das Mangan nicht ausser Acht gelassen, konnte aber keine Beziehungen desselben zur Vegetation auffinden. Wittstein fand das Mangan in der Primula farinosa, aber auffallender Weise nur in den Wurzeln; jedenfalls wurde das Mangansalz schon in der Wurzel seiner Löslichkeit beraubt und in Folge dessen dort ausgeschieden.

Einige andere basische Stoffe.

Thonerde wurde in der Asche von verschiedenen Pflanzen gefunden. Lycopodium Chamaecyparissus enthält in seiner Asche nach Aderholt 54 Procent Thonerde, Lycopodium clavatum 27 Procent, Lycopodium denticulatum nach Graf Solms-Laubach 2 Procent; in Equisetum hyemale wurde von Struve in der Asche 1,70, von Brock 3,2, in Aspidium von Struckmann 2,2—2,4 Procent Thonerde gefunden. So wurde auch in der Asche von

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Band V. S. 101.

Helleborus niger Thonerde gefunden. Welche Bedeutung hier die Thonerde zu den Lebensprocessen der Pflanze hat, ist uns unbekannt. Fast scheint es, als wenn die Thonerde für gewisse Pflanzen unentbehrlich sei; so war in den Lycopodiumarten der verschiedensten Gegenden eine grössere Menge Thonerde enthalten, während dicht neben dem Lycopodium gewachsene sonstige Pflanzen nur Spuren oder gar keine Thonerde enthielten, und dies dürfte wohl auf bestimmte Functionen der Thonerde in den Vegetationsprocessen der betreffenden Pflanzen hindeuten. Soviel steht aber wohl fest, dass sie zur Entwicklung der Culturgewächse nicht nothwendig ist.

Ausser Eisen- und Manganoxyden wurden noch die Oxyde der verschiedensten Metalle in Pflanzen gefunden; dieselben scheinen meistens nur zufällige Bestandtheile der Pflanze zu sein, dennoch lässt es sich nicht gänzlich in Abrede stellen, dass für manche Pflanze ein gewisses Metalloxyd unentbehrlich geworden ist. Ich glaube, dass z. B. das Galmeiveilchen (Viola lutea), welches in seiner Asche Zink enthält, auf einem vollständig zinkfreiem Boden ausarten würde. Hat sich einmal eine Pflanzenspecies unter dem Einflusse eines gewissen metallischen Stoffes zu einer constanten Form herangebildet, so scheint dieses Metall für die Lebensprocesse der Pflanze ein Bedürfniss geworden zu sein; fehlt es, so wird die Pflanze leiden oder sich verändern.

Schwefelsäure.

Es ist früher bereits gezeigt worden, dass die Schwefelsäure einer der nothwendigsten Nährstoffe der Pflanzen ist und ganz besonders zur Bildung der stickstoffhaltigen Substanz mit beiträgt; es würde deshalb nicht gelingen, Pflanzen ohne Schwefelsäure zu einer bemerkenswerthen Entwicklung zu bringen, wie auch die neuesten Versuche von Knop bewiesen haben.*) Bei sonst hinreichender Nahrung erzeugt unzureichende Schwefelsäurenahrung überhaupt eine kümmerliche Pflanze und scheint sich dieser Mangel mehr noch in der Stengel- und Blattentwicklung als in der Samenentwicklung kundzugeben. Es ist dies aber leicht erklärlich, denn Mangel an Schwefelsäure hat eine Verminderung der Eiweissbildung zur Folge, was gleichbedeutend unvollkommener Entwick-

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Band V. S. 102.

lung der Organe ist. In Bezug auf die Folgerungen, die sich aus dem Nobbe'schen Versuche mit Runkelrüben hinsichtlich der Wirkung der Schwefelsäure ziehen lassen, verweise ich auf das früher Gesagte.

Phosphorsäure.

Auch sie ist ein unbedingt nothwendiger Nährstoff der Pflanze, ohne sie wird eine Pflanze in wässriger Lösung oder in Boden sich nur solange entwickeln, als noch Reservestoffe im Samen vorhanden sind. Wenn Georges Ville in einem an sich nährstofffreien Boden, dem die der Pflanze nothwendigen Nährstoffe mit Ausnahme der Phosphorsäure gegeben wurden, Erbsen sich weiter entwickeln sah als Weizen, so rührt das offenbar daher, dass in den Erbsen mehr organische zellenerzeugende Stoffe aufgespeichert sind. Bei zu geringer Phosphorsäure-Nahrung sah Ville Weizen sich kümmerlich entwickeln und bis zur Samenbildung gelangen; die Production von Pflanzenmasse war bei dem Weizen, sowie bei Erbsen in Blatt und Samen gering.*) Da die Phosphorsäure in bestimmten Beziehungen zu den Eiweisssubstanzen steht, so ist es, wie bei der Schwefelsäure, klar, dass unzureichende Phosphorsäure-Nahrung auch verkümmernd auf Stengel- und Blattentwicklung wirkt, während durch reiche Phosphorsäure-Nahrung diese Theile üppig entwickelt werden. Durch viele Düngungsversuche ist es übrigens bekannt, dass reiche Phosphorsäure-Nahrung die Samenbildung der Cerealien ganz bedeutend befördert und schwere Körner liefert. Bei Knollengewächsen scheint Phosphorsäure-Düngung besonders auf die Blattentwicklung zu wirken, und hierdurch auch die Bildung der Kohlenhydrate zu befördern; bei den Nobbe'schen Versuchen mit Zuckerrüben hatte das phosphorsaure Kali mehr Zucker producirt als irgend ein anderes Kalisalz, dabei war die producirte Rübenmasse nicht grösser wie im ungedüngten Boden, wohingegen die Blättermenge bei dem phosphorsauren Kali alle anderen Kalisalze und den ungedüngten Boden sehr auffallend überstieg.

Ueber die Beziehungen der Phosphorsäure zu den Vegetationsprocessen und zu der Assimilation herrscht noch ein grosses

---

*) Comptes rendus. Band 53. S. 832 u. f. und Wilda's landwirthschaftliches Centralblatt 1862. Heft II. u. III. S. 130.

Dunkel; es ist sehr wahrscheinlich, dass dieselbe ausser ihrer Mitwirkung bei der Eiweissbildung noch manche andere Functionen in den pflanzlichen Lebensprocessen hat. Neue Untersuchungen werden uns wohl Aufschluss darüber bringen, doch dürften dieselben in einer anderen Weise, wie bisher, anzustellen sein.

Kieselsäure.

Die Kieselsäure findet sich vorzugsweise in den Zellen der Oberhaut und ist in deren Membran abgelagert, so dass bei dem Verbrennen der Oberhautzellen mancher Pflanzen die Kieselsäure als Zellenscelett zurückbleibt. Vorzugsweise findet sie sich bei den Gräsern, den Schilf- und ähnlichen Gewächsen. Bis vor Kurzem theilte man der Kieselsäure die Rolle zu, den Halmen und Blättern der eben genannten Pflanzen ihre Festigkeit und Steifigkeit zu geben. In den Halmen von Cerealien beträgt sie 45—70 Procent der Asche, in dem Stroh von Klee, Buchweizen, Raps, in den Blättern von Runkelrüben u. s. w. beträgt sie 5—10 Procent der Asche. Die neueren Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die Kieselsäure mit der Steifigkeit des Halmes, Stengels und der Blätter gar nichts zu thun hat. Knop hat ganz normale Maispflanzen ohne Kieselsäure in wässrigen Lösungen erzogen. Die Wurzel dieser Pflanzen enthielt eine Spur von Kieselsäure, der ganze Stamm gab nur ein halbes Milligramm. „In allen 15 Blättern und Blattscheiden zusammen waren 0,022 Gramm Kieselsäure. Denkt man sich dieses Quantum auf die Ober- und Unterseite der 15 Blätter gleichmässig ausgebreitet, so kommen auf 1 Quadratdecimeter Blattfläche 0,000004 Gramm Kieselsäure — —. Demnach bleibt es zweifelhaft, ob der gefundene Kieselsäuregehalt aus der Lösung herrührte. Es ist möglich, dass sie dem in die Epidermis eingedrungenen feinsten Staube angehört, der sich von aussen auf die Blätter gelegt hat. Diese Ansicht gewinnt dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass der ganze Stamm nur ½ Milligramm Kieselsäure enthielt, welchen Gehalt man auch wohl besser einer geringen Menge in den Blattwinkeln eingedrungenen Staubes als dem Stammorgan selbst angehörig zu betrachten hat. Es ist unwahrscheinlich, dass, stammte die Kieselsäure der Blätter aus der Lösung, der Stamm kieselsäurefrei geblieben wäre. Die Samen zeigten sich ganz kiesel-

säurefrei. Ich glaube nicht, dass die Kieselsäure zu den Nährstoffen der Gräser gehört, da ich ähnliche Verhältnisse auch bei der Untersuchung der Gerste gefunden habe.“ (Knop.*) Jedenfalls geht aus diesen Versuchen hervor, dass die Steifigkeit der Halmgewächse nicht von der Kieselsäure abhängig ist; diese hat, beiläufig bemerkt, unzweifelhaft ihren Grund in der mehr oder weniger starken Incrustation der Gefässe.

Nobbe und Siegert fanden die Kieselsäure ebenfalls bei der Entwicklung der Buchweizenpflanze überflüssig; in wässrigen Lösungen gedieh dieselbe ohne Kieselsäure gut.**)

Chlor und Fluor.

Kaum mag es eine Pflanze geben, die frei ist von Chlor, in geringster Menge findet es sich indess in den Samen. Das Chlor scheint in der Regel an Natrium gebunden in den Pflanzen vorzukommen, denn mit dem Chlorgehalt steigt und fällt meistens auch der Natrongehalt. Lange hat man dem Chlor keine besondern Beziehungen zum Vegetationsprocesse zugeschrieben, man hielt es für einen zufällig in der Pflanze vorkommenden Stoff. Ein Versuch von Nobbe und Siegert scheint demselben aber eine Bedeutung für die Samenbildung beizulegen. Sie liessen Buchweizen in wässrigen Lösungen vegetiren und sahen in der chlorfreien Lösung die Knospen sich nicht entfalten oder die Blumen zu Grunde gehen ohne Samenbildung, während in den chlorhaltigen Lösungen mit Ausnahme des Chlornatriums reife und vollkommene Samen gebildet wurden. Auffallend ist in diesem Versuche, dass, wenn das Chlor als Chlornatrium gegeben wurde, sich ebenfalls keine Samen entwickelten.***)

Ob sich die Sache bei anderen Pflanzen ebenso verhalten wird, muss uns die Zukunft zeigen.

Salm-Horstmar fand für Hafer das Chlor überflüssig, ebenso für Gerste; er fand weiter, dass Chlornatrium die Anzahl der Blätter und Früchte vermehrte, wenn zugleich eine andere Natronverbindung gegeben worden war.

---

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band IV. S. 185.
**) Ebendaselbst. Band IV. S. 339.
***) Ebendaselbst. Band IV. S. 318 u. f.

Das Fluor ist bis jetzt nur in wenigen Pflanzen gefunden worden, Salm-Horstmar hat es in der Asche von Lycopodium clavatum bis zu 0,4 Procent gefunden; es ist zu vermuthen, dass es auch in anderen Pflanzen zugegen ist. Ueber seine Bedeutung in den Lebensprocessen der Pflanze wissen wir nichts.

Der Boden in seinen Beziehungen zur Pflanzenernährung.

Der Boden als Befestigungsmittel der Pflanze.

Der Boden dient der Pflanze zunächst als Befestigungsmittel. Je weiter sich die Wurzeln im Boden verbreiten, je tiefer sie in den Boden eindringen, um so fester ist der Stand der Pflanze. Wir haben früher schon gesehen, dass die Bäume, welche ihre stärkeren Nebenwurzeln nur in die obere Bodenschicht senden, — Fichte, canadische Pappel — vom Winde sehr leicht umgeworfen werden. (Vergl. S. 184.)

Von besonderem Einfluss auf die Festigkeit des Standes ist aber die physicalische Beschaffenheit des Bodens. Lockere, wenig gebundene Bodenarten gewähren den Pflanzen einen unsicheren Stand. Am auffallendsten tritt dieses bei den Bäumen und bei den jungen Cerealien hervor. Bäume in solch lockerem Boden, z. B. in Torf-, Moor- oder Sandboden werden von Winden leicht umgeworfen. Der leichte sandige Boden, der ohne Bindigkeit ist, lockert sich bei dem Pflügen allzu stark auf, sackt sich hernach aber auch eben so stark. Werden Cerealien in einen stark aufgelockerten Sandboden gesäet, gehen dieselben hernach auf und haben sie sich bewurzelt, so werden die Wurzeln entblösst, wenn der Sand sich wieder sackt. Es muss deshalb Regel sein, nie in einen aufgelockerten, frischgepflügten Sandboden zu säen, denselben sowenig wie möglich zu pflügen, vor dem Säen ihn durch Walzen oder durch Uebertreiben von Schafheerden zu befestigen. Humusreiche Bodenarten leiden auf dieselbe Weise durch den Frost. Sind sie recht feucht und gefrieren in diesem Zustande,

so quillt die Erde auf, die jungen Pflänzchen werden gehoben, ihre Würzelchen werden zerrissen, bei dem Aufthauen fällt der Boden wieder zusammen und die Würzelchen werden entblösst. Durch das Sacken des Sandbodens und das Auffrieren des humusreichen und des Torf- und Moorbodens haben die Saaten sehr viel zu leiden.

Pflanzen mit einem reichen Nebenwurzelwerke, die also den Boden in starkem Maasse mit Wurzeln durchziehen, können den leichten Boden befestigen. Zu einer solchen Bodenbefestigung benutzt man gewöhnlich die Strauchweiden, bei Dammbauten, Uferbefestigungen u. s. w., ebenso wird auch der Sandhafer — Elymus arenarius — hierzu benutzt, besonders bei Flugsandboden, zur Befestigung der Dünen; er sendet eine grosse Zahl von Rhizomen in die Tiefe und nach allen Richtungen in den Sand; und gerade die tiefgehenden Rhizome sind die Ursache des Fortkommens dieser Pflanze auf dem Dünensande, der meistens in den oberen Schichten trocken ist, in den tieferen Schichten aber Feuchtigkeit enthält, welche von den Wurzeln der tiefgehenden Rhizome aufgenommen wird.

Mancher Boden befindet sich in einer Lage, dass seine Oberkrume durch starken Regen fortgeschwemmt oder durch Winde fortgeweht wird; auch hier lässt sich eine Befestigung des Bodens erreichen durch Pflanzen, welche in den oberen Schichten ein reiches Wurzelwerk entwickeln, Gräser, Anlegung von Triften.

Der Boden als Nahrungsquelle der Pflanze.

Auf welche Weise die Wurzeln dem Boden die Nahrungsstoffe entziehen, habe ich bereits in früheren Capiteln besprochen. Wir haben gesehen, dass die Wurzelhaare gerade die hauptsächlichsten Organe der Aufnahme sind, und dass diese sich vorzüglich an den von den Nebenwurzeln ausgehenden Wurzelfäden und ihren Verzweigungen entwickeln. Eine Pflanze wird demzufolge sich um so leichter ernähren, um so mehr Nahrungsstoffe aus dem Boden aufnehmen, als ihre Wurzel reicher an Wurzelfäden ist; und bei der Culturpflanze wird man ein Hauptgewicht auf die Erzeugung von Wurzelfäden zu legen haben, wenn dies überhaupt möglich ist. Möglich aber ist es, denn man sieht, dass sich in einem reichen Boden ein stärkeres Wurzelwerk erzeugt als in einem

mageren Boden. Die Wurzeln „entwickeln sich aber überall da am üppigsten, wo ihnen der Boden die zuträglichste Nahrung gewährt, und bleiben zurück, wo diese mangelt.“ (Schacht.) Man kann sich bei der Garten-Erdbeere, die zu Wegeinfassungen benutzt wird, sehr leicht davon überzeugen, vorausgesetzt, dass der Weg mit Sand gemacht ist (die Erde wird gewöhnlich $^1/_2$—$^3/_4$ Fuss tief ausgeworfen und an ihre Stelle Sand aufgeschüttet). Nach der Seite der Felder hin, in die Gartenerde, hat sich ein überaus üppiges, an Wurzelfäden reiches Wurzelwerk entwickelt, während es nach der Wegseite hin, im Sande, überaus kümmerlich ist. Ein von mir im Jahre 1860 angestellter Versuch liess den Einfluss des Bodenreichthums auf die Wurzelentwicklung sehr schön erkennen; ich werde ihn später mittheilen (im Capitel über die Ernährung der Keimpflanze). Dr. Nobbe veröffentlichte später einen Versuch, welcher ebenfalls auf's unzweideutigste die Einwirkung des Nahrungsstoffreichthums des Bodens auf die Wurzelentwicklung erkennen lässt.*)

Nobbe verwendete zu seinen Versuchen eine nahrungsarme thonige Erde und badischen Mais, ausserdem eine künstliche Düngung mit einem Salzgemisch (phosphorsaurer Kalk, Bittersalz, Pottasche, kieselsaures Natron bei I — VI und phosphorsaures Kali, Kalksalpeter, schwefelsaures Ammoniak bei VII—XII). Die Düngung wurde nur an einzelnen Stellen des Bodens gegeben. Die Erde befand sich in Glascylindern von 3 Litre Raum.

Die Vertheilung der Düngstoffe in der rohen Erde war folgende:

Cylinder I. und VII.: die Salzgemische sind gleichmässig mit der rohen Erde gemengt, die Düngung also gleichmässig im Boden verbreitet;

„ II. „ VIII.: sie bilden eine sehr dünne Horizontalschicht am Boden des Cylinders;

„ III. „ IX.: sie bilden eine dünne Horizontalschicht in mittlerer Höhe des Cylinders;

„ IV. „ X.: sie bilden eine solche 3—4 Centimetre tief unter der Oberfläche;

„ V. „ XI.: sie bilden einen verticalen peripherischen Cylindermantel, also an den Wänden des

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band IV. S. 212 u. f.

Gefässes gedüngt, in der Mittelaxe des Gefässes nicht gedüngt;

Cylinder VI. u. XII.: sie bilden einen Verticalcylinder in der Mittelaxe des Gefässes.

Im Juni 1861 wurden die Keimpflänzchen aus dem destillirten Wasser, ihrem bisherigen Medium, in die von Papphülsen umschlossenen Cylinder gesteckt, und jeden zweiten oder nach Befinden dritten Tag mit destillirtem Wasser, welches nur sehr langsam in die dichte Erdmasse eindrang, mässig begossen. Ende October wurden die oberirdischen Pflanzentheile abgeschnitten und die Wurzeln auf die Weise herausgenommen, dass zuerst die Erde in den Gefässen vollständig aufgeweicht, dann aus den Gefässen in eine Wanne geschoben, worauf die Erde von den Wurzeln vorsichtig abgeschlemmt wurde.

„Die Wurzeln sämmtlicher Versuchspflanzen sind, übereinstimmend mit ihren oberirdischen Theilen, zart und dünn gebaut. Die fast überall noch vorhandene Radicula ist von verschiedener Länge und stark verzweigt, die primären Adventivwurzeln, welche der Centralaxe oberhalb des Samens entstammen, sind in mehr oder minder deutlichen Wirbeln zu vier oder acht (bisweilen neun bis zehn) angeordnet, sie ziehen sich als starke Stränge mehr oder minder vertical bis zum Boden des Gefässes hinab, woselbst sie zum Theil noch mehrfache Windungen vollführen, und sind mit zahlreichen secundären und tertiären stark behaarten und stellenweise auf's feinste verzweigten Wurzelfasern besetzt.“ Die secundären und tertiären Wurzelfasern entsprechen unsern Wurzelfäden und Fädchen.

„Der morphologische Habitus der Maiswurzel ist somit bei den Versuchspflanzen den normalen Verhältnissen identisch geblieben. Die Differenzen aber, deren so eben erwähnt wurde, treten in der Zahl der local entwickelten feinsten Seitenwurzeln hervor. An den nicht gedüngten Stellen der Cylinder sind oftmals die primären und secundären Wurzelstränge (Nebenwurzel und Wurzelfäden), wie dies auch an den im freien Felde gewachsenen Maiswurzeln zu beobachten ist, in der Erstreckung von einem bis zwei Centimetre unverästelt und nur mit Wurzelhaaren besetzt, während da, woselbst die Nährstoffe dargeboten waren, die Seitenzweige (Wurzelfäden und Wurzelfädchen) dicht gedrängt und ihrerseits auf's feinste verzweigt sind.“

Dieser Versuch zeigt uns also, dass eine Pflanze in einem nahrungsstoffreichen Boden ihr Wurzelfädenwerk bedeutend entwickelt und die eigentlichen aufnehmenden Organe dadurch in hervorragender Weise vermehrt.

Eine Pflanze ernährt sich um so besser, je mehr aufnehmende Organe sie besitzt, je mehr das Wurzelfädenwerk entwickelt ist.

In nahrungsstoffarmem Boden, in destillirtem Wasser entwickeln sich lange, unverzweigte oder doch wenig verzweigte Nebenwurzeln. So findet man in einem armen Sandboden dergleichen Wurzeln. Nun wissen wir aber, dass die Nahrungsstoffaufnahme durch die Wurzelhaare und die jüngsten Theile der Wurzelfäden besonders geschieht; es muss also die Aufnahme von Stoffen aus dem Boden um so grösser sein, als die Wurzel mehr Wurzelfäden besitzt, und der Wurzelfaden sich mehr verzweigt. Eine fusslange unverzweigte Nebenwurzel besitzt nur einen einzigen Punkt, wo die Aufnahme möglich ist, der jüngere Theil der Wurzel, die Wurzelspitze nämlich, der übrige Theil hat seine Aufnahmefähigkeit ganz oder doch zum grössten Theile verloren; eine fusslange Nebenwurzel hingegen, welche zwanzig Wurzelfäden aussendet, besitzt 21 Punkte, wo die Aufnahme erfolgt, und in quantitativer Beziehung muss die Aufnahme mindestens 21 Mal so stark sein als bei jenem unverzweigten Wurzelfaden. Der Wurzelfaden verliert aber bald an seinem älteren Theile die Aufnahmefähigkeit und bleibt dieselbe dann auf die beständig fortwachsende Spitze, auf den jüngeren Theil beschränkt. Hat nun jeder Wurzelfaden noch 10 Seitenfädchen, so ist die Aufnahme eine mindestens 210 Mal stärkere als bei der unverzweigten Nebenwurzel. Dieses Beispiel möge genügen, um den Werth der Wurzelverästelung und Wurzelfadenbildung zu zeigen.

Die üppige Wurzelentwicklung in einem nahrungsstoffreichen Boden beruht auf einem Reichthum zellenbildender Stoffe in der Pflanze. Zuerst gehen, von den aus der Radicula sich entwickelnden Wurzeln aufgenommen, in grösserer Menge Nahrungsstoffe in die Pflanze, werden in dem Sitze der Assimilation — in den Blättern — zu organischen Stoffen verarbeitet, welche alsdann hinab in die Wurzel gehen, sich dort anhäufen und durch ihre Anhäufung die Erzeugung neuer Zellen herbeiführen, was gleichbedeutend mit Bildung neuer Wurzeln ist. Je reicher nun ein

Boden ist, um so mehr zellenerzeugende Stoffe werden in der Pflanze gebildet und in der Wurzel angehäuft.

Zu den Ursachen einer üppigen Wurzelentwicklung bei den Landpflanzen ist auch ein nicht zu sehr beschränkter Luftzutritt zu rechnen. Als ich Gerste in zwei gleich grossen Töpfen, welche gleichviel von derselben Erde enthielten, säete, wurde in demjenigen Topfe, bei welchem von aussen eine Glasröhre in die Nähe der Wurzeln geführt worden war, eine um das dreifache schwerere Wurzelmassen (auf Trockensubstanz bezogen) geerndtet, als in dem anderen Topfe ohne Röhre. Zudem war das Wurzelwerk in jenem Topfe viel reicher an feinen Wurzelfäden als in diesem.

Stöckardt säete in Töpfen Hafer und Erbsen (gemengt) und leitete von unten vermittelst Röhren Luft und andere Gase in die Erde. Die Resultate hinsichtlich der Wurzelmenge waren folgende:*)

Es wurde geerndtet trockene Pflanzenmasse in den Wurzeln:

Ohne Luftzufuhr:	Unter Zuführung von Luft:	Unter Zuführung von Luft und Kohlensäure:	Unter Zuführung von Luft, Kohlensäure und Ammoniak:
0,27 Grm.	0,38 Grm.	0,60 Grm.	0,89 Grm.

In einem lockeren leicht durchlüftbarem Boden findet man immer ein reicheres Wurzelwerk als in festerem Boden. Wenn wir in der oberen Bodenschicht von $^1/_2$ Fuss immer die grösste Menge von Wurzeln finden und hier sich aus den Nebenwurzeln am reichlichsten Wurzelfäden entwickeln, so ist das jedenfalls auch der grösseren Durchlüftung dieser Bodenschicht zuzuschreiben. Die eigenthümliche Wurzelbildung bei dem Rothklee, welche sich dicht unter der Oberfläche zu einem vollständigen Filz von Wurzelfäden gestaltet, zeigt klar, dass die Durchlüftung die Ursache davon ist, denn wie ich früher (S. 183) mitgetheilt habe, findet sich dieser Wurzelfilz auf einem dünnbesetzten Kleefelde, dessen obere Schicht krustenartig verhärtet ist, nicht.

Auf welche Weise mag nun wohl die Durchlüftung des Bodens auf die Wurzelentwicklung wirken? Werfen wir einen Blick auf den eben mitgetheilten Stöckardt'schen Versuch zurück, so sehen wir, dass die Wurzelmasse unter Zuführung von Kohlensäure und von Kohlensäure und Ammoniak am bedeutendsten war. Diese Er-

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Band I S. 21 u. f.

scheinung erklärt sich ohne Zweifel aus der lösenden Eigenschaft, welche die Kohlensäure und das Ammoniak (sowohl als solches wie auch als Salpetersäure, zu welcher es im Boden oxydirt wird) auf die Nahrungsstoffe haben. Die absorbirten Nahrungsstoffe werden in grösserer Menge gelöst, können deshalb auch in grösserer Menge in die Pflanze eintreten und, zu organischen Stoffen verwandelt, auf die Entwicklung der Wurzel zurückwirken. Bei vermehrtem Luftzutritt zum Boden werden die humosen Bodenbestandtheile zerlegt und in Kohlensäure verwandelt und die Durchlüftung scheint durch die vermehrte Kohlensäurebildung eben die Wurzelentwicklung zu befördern.

Duhamel machte schon auf diesen Gegenstand aufmerksam; er fand, dass die Seitenwurzeln der Bäume um so stärker und kräftiger sind, als sie der Oberfläche näher liegen. De Saussure leitet diese Erscheinung von der grösseren Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs ab, welche in der oberen Schicht des Bodens auf die Wurzeln stattfindet; er scheint aber die Ursache der üppigen Wurzelentwicklung in der directen Berührung des Sauerstoffs mit den Wurzeln zu suchen, nicht aber wie wir, in einer vermehrten Lösung von Nahrungsstoffen und dadurch stärkerer Ernährung der Pflanze überhaupt.

Die Verbreitung der Wurzeln im Boden hängt sehr viel von der physicalischen Beschaffenheit desselben ab. Das Fortbewegen der Wurzel im Boden geschieht auf die Weise, dass sich die feine fortwachsende Wurzelspitze zwischen die Bodentheilchen einschiebt und sie nöthigenfalls auseinander drängt. Adhäriren nun die Bodentheilchen stark aneinander, so ist die fortwachsende Wurzelspitze verhindert, sich zwischen die Bodentheilchen hineinzuschieben; sie ist zu schwach, um die Bodentheilchen auseinander zu drängen. In einem Thonboden, überhaupt in jedem zähen, stark bindigen Boden stehen der Verbreitung der Wurzeln wesentliche Hindernisse entgegen.

Um die Entwicklung und Verbreitung der Wurzel im Boden bei den Culturpflanzen möglichst zu erleichtern, wird also der Landwirth für gehörige Lockerheit und Durchlüftung des Bodens zu sorgen haben. Häufiges Pflügen, Auflockerung der unteren Schichten mit dem Untergrundpfluge, Kalkdüngung, Sandmelioration, starke Stallmistdüngung — sogenannter Strohdünger, d. h. Dünger, in welchem das Stroh seine Form noch nicht eingebüsst

hat — sind Operationen, wodurch er den schweren Boden in dem obigen Sinne bessert.

Gehörige Bearbeitung des zähen Bodens lockert ihn, er zerfällt in kleine Bröckchen, welche grössere Zwischenräume bilden, und in die die Wurzeln hineinwachsen; durch den Strohdünger bilden sich ebenfalls zahlreiche Kanäle im Boden, indem das Stroh verwes't und den Raum, den es einnahm, unerfüllt zurücklässt, und auch in diese Kanäle wachsen die Wurzeln hinein und verbreiten sich leicht darin. Von derartigen Zwischenräumen und Kanälen können die Wurzelfäden dann an vielen Punkten in den Boden eindringen, wozu auch die Durchlüftung des Bodens von diesen Räumen aus beiträgt, indem die sie begrenzende Erde bei dem Austrocknen eine Anzahl Sprünge und Risse bekommt, sogar mürbe wird und dem Eindringen der Wurzelfäden weniger Widerstand entgegensetzt.

Kalkdüngung, Sandmelioration und Humusvermehrung des Bodens vermindern die Plasticität, die Bindigkeit der Erde, die Adhäsion der Bodentheilchen wird schwächer und die wachsende Wurzelspitze kann sich dann leichter zwischen die Bodentheilchen hineinschieben.

Behäufelung. Das Princip der Behäufelung ist, den Pflanzen, welche Adventivwurzeln aus ihrem Stengel entwickeln, Gelegenheit zu bieten, ein reiches Wurzelwerk in eine aufgelockerte Erdschicht hineinsenden zu können. Bei der Behäufelung wird die Erde gelockert und in diesem gelockerten Zustande an die Pflanzen angelegt. Der erste Vortheil dieses Verfahrens ist, dass die Häufelhörste, die angehäufelte Erde niemals sich mit Wasser sättigen kann, weil es durch hydrostatischen Druck sofort zu der Furchensohle hinabgedrückt wird, und weil ein Uebermaass von Wasser aus der gelockerten Erde schnell wieder fortdunstet, es leidet also der Boden wenigstens in dem oberen Theil nicht leicht an Nässe. Der zweite Vortheil liegt in der leichten Durchlüftung, welche die angehäufelte Erde erfährt, und wodurch die Lösung der pflanzlichen Nährstoffe und die Entwicklung der Wurzeln wesentlich befördert wird. Die Behäufelung läuft also auf vermehrte Aufnahme von Nährstoffen, auf eine leichtere Ernährung der Pflanzen hinaus.

Die Tiefcultur — Tiefpflügen und Untergrundpflügen — bewirkt ebenfalls eine Lockerung der tieferen Schichten der Ackerkrume, was eine vermehrte Lösung von Nährstoffen, eine stärkere

Erzeugung und grössere Verbreitung der Wurzel zur Folge hat; besonders dringen die Wurzeln besser in diese tieferen Schichten der Ackerkrume ein, in welcher sich, wie früher oftmals gezeigt worden ist, die pflanzlichen Nährstoffe, die durch Regen aus den oberen Schichten verdrängt und fortgeschwemmt worden, gern in grösserer Menge anhäufen. Tiefpflügen und Untergrundpflügen! kann den Landwirthen nicht oft genug zugerufen werden; es befördert sehr bedeutend die Ernährung der Pflanzen.

Die Wurzelentwicklung hat zum Theil aber auch einen generischen Charakter, besonders gilt das von der Bildung der Wurzelfäden; von zwei auf demselben Felde stehenden Pflanzen entwickelt die eine ein grösseres und an Wurzelfäden reicheres Wurzelwerk als die andere; man vergleiche nur Rothklee und Raps, wovon der erste ein reiches ausgebreitetes, der letztere ein kümmerliches wenig verzweigtes Wurzelwerk besitzt. Das Weitere über die Wurzelfädenbildung habe ich bereits in dem Capitel über Wurzeln als Aufnahme-Organ besprochen und verweise ich auf das dort über die verschiedenen Pflanzen Gesagte zurück.

Durch reiche Düngung kann ich also nur bis zu einer gewissen Grenze die Wurzelentwicklung fördern, und wird bei gleicher Düngung und gleichem Boden die eine Pflanze ein üppigeres Wurzelwerk treiben als die andere.

E. John hat es versucht, annähernd die Wurzelmasse verschiedener Culturpflanzen zu bestimmen, indem er alle Wurzelrückstände, welche in dem Obergrunde und in der obersten Schicht des Untergrundes verblieben, sorgfältig sammelte und auf 1 Morgen Land berechnete. Er giebt die folgenden Zahlen:

1 Morgen Feld hatte an trocknen Wurzeln:

von Klee, in der Blüthe gehauen, bei einer trocknen Erndtemasse von 1960 Pfund	1900 Pfund.
von Hafer, in der Blüthe gehauen, bei einer trocknen Erndtemasse von 1500 Pfund	650 „
von Hafer, reif gehauen, bei einer trocknen Erndtemasse von 2400 Pfund	570 „
von Rübsen, reif gehauen, bei einer trocknen Erndtemasse von 2370 Pfund	370 „

Mögen diese Zahlen auch viel Unsicheres haben, so lassen sie doch unzweifelhaft das erkennen, was sie zeigen sollen.

Concentration der Bodenlösung. Aus den Vegetationsversuchen mit Pflanzen in wässrigen Lösungen ist bekannt, dass eine gewisse Höhe der Concentration der Nährstofflösungen der Vegetation am zuträglichsten ist. Für Mais hat sich diese auf 0,3 Procent herausgestellt; bei einer Erhöhung derselben auf 0.4 und mehr Procent vermindert sich die Erzeugung der Pflanzensubstanz, Abnormitäten in der Bildung der Organe und Tod treten ein; bei nicht tödtender aber zu hoher Concentration übereilt sich gewöhnlich die Vegetation und führt zu einem unnatürlichen Abschlusse. Andere Pflanzen mögen höhere Concentrationen vertragen können; man denke nur an die Seegewächse, welche unter einer Concentration von 3.4 Procent noch fortkommen. Im Allgemeinen wissen wir über diesen Gegenstand nicht viel.

Ganz eigenthümlich nun ist das Verhalten der Wurzeln bei verschiedenen Concentrationen; vielleicht ist auf die Wurzelentwicklung ein Theil der abnormen Erscheinungen zu hoher oder zu niedriger Concentration zurückzuführen.

In destillirtem Wasser oder in sehr verdünnten Lösungen bildet sich anscheinend ein massenhaftes Wurzelwerk, wenn man Pflanzen vom Keime an darin vegetiren lässt; zieht man auf dieselbe Weise Pflanzen in concentrirteren Lösungen, so ist das Wurzelwerk anscheinend ein weniger massenhaftes. Im letzteren Falle ist es kurz, zusammengedrängt, aber die einzelnen Nebenwurzeln sind viel reicher an Wurzelfäden und diese verästeln sich wieder häufiger, wenigstens dann, wenn die Lösung so zusammengesetzt ist, dass sie die Pflanze gehörig zu ernähren vermag; im ersteren Falle hingegen sind die Nebenwurzeln einfache, lange Fäden, die nur hier und da Wurzelfäden absenden. Die Gesammtwurzelfläche ist bei den in verdünnten Lösungen gezogenen Pflanzen vielleicht grösser als bei den in concentrirteren Lösungen gezogenen Pflanzen; da aber die aufnehmende Wurzelfläche mehr auf die jüngeren Theile der Wurzelfäden und ihrer Seitenfädchen, auf die dort hervortretenden Wurzelhaare, beschränkt ist, so ist klar, dass jene langen unverzweigten Fäden, mag ihre Gesammtoberfläche auch grösser sein, weniger Nahrungsstoffe der Pflanze zuzuführen vermag, als die vielverzweigte, an Wurzelfäden reiche Wurzel aus concentrirteren Lösungen. Die grössere Ausbreitung des Wurzelwerkes in verdünnteren Concentrationen ist die einfache Folge einer grösseren Ausdehnung der Wurzelzellen. Hängt man eine

mit Eiweisslösung gefüllte und allseitig geschlossene Collodiummembranröhre, wie ich sie gewöhnlich zu meinen Versuchen benutzte, in destillirtes Wasser, so wird sie sehr gespannt und sie würde sich stark ausdehnen, wenn es die Elasticität der Membran gestattete; das Eiweiss führt Wasser in reichlicher Menge in die Röhre ein. Wird dieselbe Membranröhre, mit einer Eiweisslösung von derselben Concentration, wie in dem vorigen Versuche, gefüllt in eine mässig concentrirte Salzlösung gebracht, so wird die Spannung nicht so gross wie vorhin; in diesem Falle geht Wasser zu dem Eiweisse in der Röhre, aber auch Wasser aus der Röhre zu der Salzlösung ausserhalb. Dasselbe findet auch bei den Wurzelzellen statt: in der verdünnteren Lösung strömt weniger Wasser aus den Zellen in die äussere Lösung zurück und die Zellen dehnen sich stärker aus; bei der concentrirteren Lösung führt deren Salz immer wieder einen grossen Theil des Wassers aus den Wurzelzellen zurück und die Ausdehnung derselben muss nun weniger stark sein.

Die Concentration der Bodenlösung hat unzweifelhaft denselben Effect auf die Wurzelentwicklung, wie auch bei der Nahrungsflüssigkeit der Wasserpflanzen. Man sehe sich nur einmal das zwar weithin sich verbreitende lange unverzweigte Wurzelwerk in einem nahrungsstoffarmen, lockeren Boden an, in einem leichten Sandboden z. B.; in einem solchen Boden ist offenbar eine nur sehr verdünnte Bodenlösung zugegen und sie ist die Ursache des Ueppigscheinens des Wurzelwerkes in ihm. In einem Boden, dessen Absorptionskraft gross ist, wird wohl schwerlich die Concentration der Bodenlösung zu einer Höhe steigen, die der Pflanze schädlich ist. Ueber die Concentration der Bodenlösung wissen wir zu wenig, als dass sich Bestimmtes über die Beziehungen derselben zur Wurzelentwicklung und Pflanzenernährung sagen liesse. Der einzige Versuch, welcher einigen Aufschluss darüber giebt, ist der auf Seite 158 erwähnte von Dr. Karmrodt und mir ausgeführte Versuch mit Torf. Es wurden dem Torfe eine solche Menge Salze beigemischt, dass, wären sie alle in Lösung vorhanden gewesen, die Pflanze unfehlbar zu Grunde gegangen sein würde. Es fand sich indess nur eine Concentration der Bodenlösung von 0,3 Procent, und würden ohne Zweifel auf diesem Torfe Culturgewächse ganz vortrefflich ge-

dichen sein. Eine so hohe Concentration dürften wir aber wohl selten bei unserem Ackerboden finden.

Am ehesten noch dürfte eine zu hohe Concentration bei dem Sande zu erwarten sein, natürlich, wenn demselben die Nahrungsstoffe in allzugrosser Menge zugeführt werden, und zwar könnte dieselbe deshalb dort eintreten, weil die absorbirende Kraft eine geringe ist, und dem Boden zugeführte leicht lösliche Stoffe auch in gelöster Form der Bodenlösung verbleiben werden. Die Wirkungen allzu concentrirter Bodenlösungen treten in den Versuchen Hellriegel's mit Gerste in einem an sich nahrungsfreien Sande, dem Nahrungsstoffe in Form von Salzen zugeführt wurden, in Menge hervor; das Wurzelwerk blieb ein kümmerliches, hinsichtlich der Menge Trockensubstanz war es bedeutend geringer als bei richtigem Gehalte der Bodenlösung.

Sieht man, dass Wurzeln in verdünnten Lösungen oder in einem nährstoffarmen Sandboden lange Fäden bilden und sich besonders in letzterem weit verbreiten, so soll man sich fast zum Glauben verleiten lassen, dass die Wurzel der Nahrung nachgehe, lange Wurzelfäden treibe, um an einen Ort zu gelangen, wo sie reichlich Nahrung findet. Es ist diese Ansicht auch wirklich eine weit verbreitete, aber sie ist falsch, wie aus dem Vorhingesagten klar geworden sein wird. Die Wurzeln „entwickeln sich überall da am üppigsten, wo ihnen der Boden die zuträglichste Nahrung gewährt, und bleiben zurück, wo diese mangelt" (Schacht).

Die Aufnahme des Wassers aus dem Boden. Die Pflanze, solange wie sie vegetirt, verdunstet Wasser durch ihre Blätter und zwar, wie durch Versuche nachgewiesen ist, ganz enorme Mengen. Das aus den Blättern fortdunstende Wasser muss der Boden liefern; besitzt derselbe nicht soviel Wasser als die Vegetationsprocesse der Pflanze verlangen, so wird dieselbe schlaff, sie welkt. Die Straffheit des Pflanzengewebes beruht auf der Spannung der Zellen und dem Drucke, welchen die Zellen vermöge ihrer Spannung aufeinander ausüben. Die Spannung ist ein Gleichgewichtszustand zwischen dem Drucke des von den eiweissartigen Stoffen bewirkten endosmosischen Wasserstromes und der Elasticität der Zellenmembran; solange nun in die Zellen soviel Wasser eingeführt wird, dass ihre Spannung dieselbe bleibt, solange bleibt auch das Gewebe straff; sobald aber weniger Wasser zugeführt wird, als aus den Zellen weggeht, nimmt die Spannung in den

Zellen ab und das Gewebe hat seine Straffheit verloren, man sagt: die Pflanze welkt.

Es ist in einem früheren Capitel gezeigt worden, dass der Boden capillarisch und hygroscopisch fest gehaltenes Wasser besitzt; ersteres befindet sich in den capillarisch wirkenden Zwischenräumen des Bodens, letzteres wird von den Oberflächen der Bodentheilchen angezogen gehalten. Es fragt sich nun, in wie weit eine Pflanze den Boden an Wasser erschöpfen kann, ob sie allein nur auf das capillarisch festgehaltene Wasser angewiesen ist, oder ob sie auch noch von dem hygroscopischen Wasser aufzunehmen vermag.

Ein Lehmboden, dessen wasserhaltende Kraft 35 Procent betrug und welcher unter einer Glasglocke mit feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre 3,2 Procent Wasser aufnahm, enthielt, nachdem eine Salatpflanze bereits 4—5 Stunden welk gewesen war, in der Nähe der Wurzeln 3,8 Procent Wasser.

Ein anderer humoser Lehmboden, welcher aus feuchter Atmosphäre 5,8 Procent Wasser aufnahm, zeigte, nachdem eine Rapspflanze bereits mehrere Stunden gewelkt hatte, in der Nähe der Wurzeln 8 Procent Wasser.

Ein mit Klee bestandener Boden, dessen Hygroscopicität 5,1 Procent betrug, enthielt noch, als der Klee einige Stunden welk gewesen war, 5,3 Procent Wasser.

Auch Julius Sachs theilt uns einige darauf bezügliche Versuche mit.*) Er nahm darauf Rücksicht, dass die Pflanzen zur Zeit, als sie dem Boden die letzten disponiblen Antheile Wasser entnahmen und anfingen zu welken, wenig Wasser durch die Blätter verdunsteten, wie dies der Fall ist bei feuchter Luft und bei Lichtmangel. So lange unter diesen Verhältnissen noch disponibles Wasser im Boden vorhanden war, konnten die Pflanzen nicht welken.

Eine Tabakpflanze fing an zu welken, als ein Humusboden (ein Gemenge von schwarzem Buchenhumus und Sand), welcher bei 100° getrocknet, auf 100 Gewichtstheile 46 Theile Wasser festhielt, noch 12,3 Procent seines Gewichtes Wasser enthielt.

Eine andere gesunde Tabakpflanze wurde in einer regnerischen Nacht welk, als ihr Boden, welcher Lehm war, noch 8 Procent

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band I. S. 235.

Wasser enthielt; 100 Gramm dieses Lehmbodens vermochten, bei 100° getrocknet, 52,1 Gramm Wasser festzuhalten.

Bei derselben Temperatur welkte eine gleiche Tabakpflanze während einer regnerischen Nacht in einem Sande (grobkörniger Quarz), dessen wasserhaltende Kraft 20.8 war, bei 1.5 Procent Wassergehalt.

Aus diesen Versuchen geht wohl zur Genüge hervor, dass die Pflanze dem Boden nur das capillarisch festgehaltene Wasser zu entziehen vermag. Aus der ersten Reihe der eben mitgetheilten Untersuchungen ergiebt sich, dass selbst das capillarisch festgehaltene Wasser nicht ganz dem Boden entzogen ist, wenn die Pflanzen anfangen zu welken. Es erklärt sich das übrigens sehr leicht aus dem Umstande, dass nicht in alle Capillarräume Wurzeln hineinwachsen und die Bewegung des Wassers im Boden eine sehr beschränkte ist. Während die Wurzelzellen aus einem Capillarraume das Wasser aufnehmen, strömt das Wasser nur aus einigen zunächstgelegenen grösseren Capillarräumen zu der Wurzel hin, eine grosse räumliche Ausdehnung hat die Bewegung des Wassers nicht. (Vergl. S. 133.) Wasser, welches sich nicht in unmittelbarer Nähe von Wurzelhaaren befindet, wird nur sehr langsam den letzteren zugeführt und es ist deshalb schwer, dass eine Pflanze dem Boden sein ganzes capillarisches Wasser entzieht.

Dass hierbei die Verbreitung des Wurzelwerkes mit im Spiele ist, dürfte vielleicht aus der ersten Reihe der eben mitgetheilten Versuche geschlossen werden; wir sehen da z. B. den Klee, der mit seinen zahlreichen Wurzelfäden und deren Verästelungen fast jeden Punkt des Bodens berührt, den Boden weit mehr erschöpfen als der Salat und Raps, deren Wurzelwerk im Vergleich zum Klee ein sehr unbedeutendes und kümmerliches ist.

Die Pflanze kann nur dem Boden das capillarische Wasser entziehen, das hygroscopisch auf den Bodentheilchen festgehaltene ist unerreichbar für sie; im Gegentheile würde ein vollständig trockner Boden, der also frei von hygroscopischem Wasser sei, einer Pflanze, welche in ihn versetzt würde, Wasser entziehen und zwar soviel, als seiner Hygroscopicität entspricht.

Ich habe bereits früher von den Quellen des capillarischen Wassers im Boden gesprochen und besonders darauf hingewiesen, dass einem anscheinend trocknen Boden durch Thaubildung in dessen Zwischenräumen noch soviel Wasser zugeführt werden

kann, als zu den Vegetationsprocessen nöthig ist. Besonders hervortretend finden wir die Versorgung der Pflanze mit Wasser, welches durch Thaubildung im Boden niedergeschlagen wurde, bei allen Gewächsen, die ein reiches Wurzelwerk dicht unter der Oberfläche besitzen, wie z. B. der rothe Klee. Die Temperaturschwankungen des Bodens, welche die Thaubildung in ihm hervorrufen, wirken natürlich zunächst auf die obere Bodenschicht und in dieser auch am häufigsten. Auf die diese Schicht durchziehenden Wurzelfäden und auf deren Wurzelhaare muss sich bei der geringsten Temperaturerniedrigung tropfbarflüssiges Wasser niederschlagen, welches von hier aus dann in die Pflanze übergeht. Ein Kleefeld, welches, dem heissen Sonnenbrande ausgesetzt, am Welken ist, erholt sich gegen Abend sehr bald wieder und die Ursache liegt in den eben geschilderten Verhältnissen. Den Wurzelfilz, welchen man bei Klee findet, dürfte man daher ganz mit Recht Thauwurzel nennen, denn durch sie wird am meisten unterirdischer Thau in die Pflanze eingeführt.

Die Grenze, bis zu welcher das capillarische Wasser im Boden schwinden kann, ohne der Vegetation zu schaden, ist durchaus abhängig von der physicalischen Beschaffenheit desselben. In einem Lehmboden, dessen wasserhaltende Kraft 46 Procent betrug, vegetirten die Pflanzen noch recht gut, als er $^1/_5$ seiner Sättigungsmenge Wasser enthielt; auf einem Thonboden erhielt sich die Vegetation noch gut, als sich in ihm nur $^1/_{10}$ seiner Sättigungsmenge Wasser befand. Enthält ein grobkörniger Sandboden nur $^1/_6$ seiner Sättigungsmenge Wasser, so leidet die Vegetation.

Auf die Schnelligkeit, mit welcher der Boden sein Wasser an die verdunstende Pflanze abgiebt, ist dessen physicalische Beschaffenheit von nicht geringem Einfluss. Es lässt sich als allgemein annehmen, dass ein Boden um so leichter sein Wasser an die Pflanzenwurzel abgiebt, als er feinkörniger ist, als seine Zwischenräume kleiner sind.

Der folgende Versuch von Julius Sachs giebt uns hierüber einigen Aufschluss. Von zwei Tabakpflanzen, welche unter sich von ganz gleichem Wuchse und sonst einander so ähnlich waren, als nur irgend wünschenswerth sein konnte, wurde die eine in grobkörnigen Sand, die andere in einen Lehmboden gesetzt. Der Sand und der Lehm befanden sich in gleich grossen Gefässen; nachdem

die Pflanzen nach 15 Tagen angeschlagen waren, wurde Lehm und Sand mit Wasser übergossen, nach dem Ablaufen des Wassers aus dem Bodenloche des Gefässes dieses verstopft und das Gefäss oben mit einem Glasdeckel, durch welchen der Stengel der Pflanze hindurchging, so geschlossen, dass kein Wasser direct aus der Erde des Gefässes verdunsten konnte. Nun wurde das durch die Blätter verdunstende Wasser von Zeit zu Zeit bestimmt.

Ich übergehe hier die Daten der einzelnen Wägungen und führe nur an, dass die Pflanze im Sande 175,4 Gramm, die im Lehm 190,4 Gramm in 7 Tagen verdunstete.

Ein anderer Versuch, in dem die Verhältnisse gleich den eben mitgetheilten waren, lieferte dieselben Resultate.

Diese Erscheinungen lassen sich auf zwei Ursachen zurückführen.

In dem grobkörnigen Sandboden giebt es viele Zwischenräume, die nicht capillarisch wirken, die also auch kein Wasser enthalten, wenn der Boden sich capillarisch mit Wasser gesättigt hat. In diese Räume wachsen zwar auch Wurzeln hinein, sie führen aber der Pflanze kein Wasser zu. Anders ist es mit dem Lehmboden, welcher fast nur capillarisch wirkende Räume enthält, die nach der Sättigung mit Wasser gefüllt sind. Die mit Wasser in Berührung stehende aufnehmende Wurzelfläche ist mithin in dem Lehm und in jedem feinpulverigen Boden grösser wie im Sande und in jedem grobkörnigen Boden. Dazu enthält der Lehm mehr Wasser wie der Sand, vermöge seiner grösseren wasserhaltenden Kraft, und die grössere Verdunstung von Wasser durch die Blätter kann dadurch auch eine andauernde sein.

Dann darf man aber auch nicht vergessen, dass in dem Lehmboden, und fast in jedem feinkörnigen, thonhaltigen Boden, eine grössere Menge Nahrungsstoffe enthalten ist und diese eine üppigere Entwicklung von Wurzelfäden, eine grössere Zahl von aufnehmenden Organen zur Folge haben, wodurch die Aufnahme des Wassers in einer Zeiteinheit eine grössere ist, als in einem Sandboden.

Auf den Einfluss, welchen die Concentration der Nahrungsflüssigkeit und der Bodenlösung auf die Verdunstung des Wassers durch die Blätter ausübt, machte ebenfalls Julius Sachs aufmerksam. Ich will hier eine Versuchsreihe von Sachs anführen, welche mit Pflanzen in reinem Wasser und wässrigen Lösungen

angestellt wurde. Die Resultate mit Pflanzen in Boden sind nicht verschieden.

Drei in ihrer Entwicklung möglichst gleichmässige Maispflanzen besonders in Beziehung auf die Blätter, bei welchen sich die Verdunstungsverhältnisse ziemlich gleich verhielten, wurden die eine in destillirtes Wasser, die andere in eine schwächere, die dritte in eine stärkere Lösung von schwefelsaurem Ammoniak gesetzt. Die Pflanzen waren so in die Flaschen eingesetzt, dass von der Oberfläche der Versuchsflüssigkeit direct kein Wasser verdunsten konnte; derjenige Theil des Wassers, welcher durch die Blätter der Pflanze verdunstete, wurde für jeden Tag bestimmt, indem die Flaschen mit sammt der Pflanze und Flüssigkeit gewogen wurden. Der Gewichtsverlust ist gleich der Menge Wasser, welche seit der letzten Wägung wegdunstete.*)

Wurzeln von Pflanze I. in Wasser, von Pflanze II. in einer Lösung des schwefelsauren Ammoniaks von 0,33 Procent, von III. in einer gleichen Lösung von 0,5 Procent:

Tag und Stunde der Wägung.	Gewichtsverlust = Wasseraufnahme durch die Wurzeln in Grammen.			Verhältniss der Verdunstung, wenn 1 = 100 gesetzt wird.		Bemerkungen.
	I.	II.	III.	II.	III.	
19. VIII. 9 Uhr früh.						
20. „ 7 „ „	1,25	1,00	1,00	80	80	
20. „ 4 „ Abds.	1,25	1,10	1,05	88	84	
21. „ 7 „ früh.	0,82	0,55	0,45	67	55	
21. „ 5 „ Abds.	1,68	0,90	0,85	53,6	53,6	
22. „ 7 „ früh.	0,85	0,30	0,35	35,3	41,0	
22. „ 6 „ Abds.	2.55	0,85		33,3		III. ist
23. „ 8 „ früh.	1,10	0,35		31,8		schneller ge-
24. „ 7 „ „	4,05	1,10		27,1		wachsen und
24. „ 6 „ Abds.	3.40	0.75		22,0		wurde des-
25. „ 8 „ früh.	1,20	0,10		8,3		halb von jetzt
Summa:	18,15	7,00				ab ausge-
						schlossen.

Die Vergleichung dieser Zahlen zeigt, dass sowohl im Ganzen als auch bei jeder Wägung die Pflanze, welche im Wasser lebte, mehr verdunstete, als diejenigen, welche in Salzlösungen sich befanden.

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band I. S. 218.

Die Erklärung dieser Erscheinungen liegt auf der Hand. Die Salze haben meistens ein endosmosisches Aequivalent, welches grösser als 1 ist, d. h. an dem Volum Salz, welches in die Zelle eintritt, bewegt sich ein vielfaches Volum aus der Zelle austretendes Wasser vorbei. Die Wurzelzellen nehmen nun durch ihre eiweissartigen Stoffe Wasser auf; befindet sich die Wurzel in reinem Wasser, so tritt kein Wasser aus der Pflanze zurück; in einer Salzlösung aber findet auch ein exosmosischer Wasserstrom gegen die endosmosische Salzströmung statt; es bewegt sich beständig Wasser aus der Pflanze zurück und es kann deshalb bei der Salzlösung weniger Wasser in die Blätter gelangen, weniger Wasser daselbst verdunsten, als wenn sich die Pflanze in reinem Wasser befindet. Aus den Zahlen der obigen Tabelle geht weiter hervor, dass bei der concentrirteren Lösung weniger verdunstete als bei der minder concentrirten und dass schliesslich, wie die Verhältnisszahlen der 3 letzten Columnen anzeigen, um so weniger aus den Salzlösungen verdunstet, als der Versuch länger dauert, d. h. jemehr die Lösung unter der Pflanze zunimmt. Hinsichtlich der Concentration bedarf es wohl kaum der Erwähnung, dass die concentrirtere Lösung mehr Wasser den Wurzelzellen und der Pflanze entzieht, mithin weniger verdunsten kann, als bei der weniger concentrirteren Lösung. Wenn durch fortwährenden Wasserverlust die Lösung unter der Pflanze concentrirter wird, so musste nothwendig auch im Verlaufe des Versuches die Wirkung einer höheren Concentration hervortreten.

Wie schon bemerkt, erhielt Sachs gleiche Resultate, wenn er die Pflanzen in Erde einsetzte und dieselbe mit einprocentigen Salzlösungen übergoss. Besonders bei Kochsalz und Gyps, welcher letzterer sich bekanntlich nur in äusserst geringer Menge in Wasser löst, fand sich die grösste Verlangsamung der Verdunstung.

Eine höhere Concentration der Bodenlösung wirkt in zweifacher Beziehung auf die Vegetation zurück: sie verlangsamt die Strömung des Wassers durch die Pflanze und es wird weniger Wasser durch die Pflanze aus dem Boden fortgeführt. In letzter Beziehung kommt hier auch noch in Betracht, dass ein Boden mit höherer Concentration der Bodenlösung das Wasser schwerer verdunsten lässt und bei Düngung mit gewissen Salzen die hygroscopische Eigenschaft des Bodens erhöht wird. Bei der Düngung mit Chilisalpeter, Gyps und besonders mit Abraum- oder Steinsalz

treten diese Verhältnisse ein. Die erste Wirkung dieser Stoffe fällt also zunächst darauf, dass sie die Verdunstung des Wassers aus dem Boden verhindern, der Boden bei solcher Düngung länger feucht bleibt und in grösserer Menge Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Der Wassergehalt der Pflanze steht in gewissen Beziehungen zum Wassergehalte des Bodens; ein Boden, welcher beständig viel Wasser enthält, erzeugt auch wasserreiche Pflanzen. So ist bei Pflanzen von einem Thonboden in der procentischen Zusammensetzung mehr Wasser und weniger Trockensubstanz wie bei Pflanzen von einem trocknen Sandboden. Auf feuchten Wiesen wird die Grasmasse oft bedeutend voluminöser als auf weniger feuchten Wiesen, doch giebt es auf den letzteren mehr Trockensubstanz, deshalb besseres Heu, weil das Gras weniger wasserreich ist. Schon de Saussure hat auf diesen Gegenstand aufmerksam gemacht; er fand die Pflanzen auf dem granitischen Boden des Jura — ein Boden, der also aus thonreichem Lehm bestand — viel wasserreicher, wie auf dem Kalkboden des Jura; jener ist ein Boden, welcher beständig viel Feuchtigkeit enthält, dieser dagegen, der Kalkboden, ist trocken und meistens wasserarm.

Die Aufnahme der Nahrungsstoffe. Wie ich an einer früheren Stelle gezeigt habe, verbreitet sich, wenigstens bei den meisten Culturpflanzen, der grösste Theil des Wurzelwerkes in der oberen Schicht von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Fuss des Bodens; in diese Schicht sendet die Pfahlwurzel die meisten Nebenwurzeln und diese entwickeln hier die meisten Wurzelfäden. Diese Schicht ist es, die von den Culturpflanzen am meisten in Anspruch genommen wird, die bei der Erndte am meisten erschöpft ist, während die tiefere Schicht noch eine grössere Menge Nahrungsstoffe enthält. Aber diese tiefere Schicht der Ackerkrume (nicht Untergrund) ist nicht nur deshalb nach der Erndte reicher an Nahrungsstoffen, weil dieselben ihr weniger entzogen worden sind, sondern durch den Regen wurden auch Nahrungsstoffe aus der oberen Schicht hinabgewaschen und in der unteren absorbirt.

Um diese tiefere, reichere Schicht der Ackerkrume auszunutzen, wird sie bei der Bebauung des Feldes und seiner Zurichtung zu einer nachfolgenden Saat heraufgepflügt, während die ausgesogene obere Schicht nach unten gepflügt wird. Es geht daraus auch hervor, dass ein häufigeres Rajolen oder Rajolpflügen, viel-

leicht alle 5—8 Jahre oder in jedem Fruchtwechsel-Turnus einmal, durchaus vortheilhaft sein muss, weil dadurch Bodenschichten zu Tage kommen, die bisher wenig von den Pflanzen in Anspruch genommen wurden, und welche auch die aus den oberen Schichten herabgespülten Nahrungsstoffe aufgespeichert haben.

Die tiefere Schicht der Ackerkrume kann aber auch dadurch für die Pflanzen aufgeschlossen werden, dass sie tüchtig gelockert wird, mit dem Untergrundpfluge etwa, und eine gehörige Durchlüftung möglich ist. Wie wir früher gesehen haben, ist die Durchlüftung ein Hauptmoment einer üppigen Entwicklung der Wurzel, vorzüglich der Wurzelfäden und mit der Durchlüftung wird man daher nicht nur die Wurzelausbreitung, sondern auch die Auflösung der absorbirten Nahrungsstoffe befördern.

Da die Ernährung der Pflanze von der Verbreitung der Wurzel im Boden und von der Entwicklung der Wurzelfäden abhängig ist, diese aber auch einen generischen Charakter besitzen, so ist klar, dass die eine Pflanzenspecies oder Varietät sich leichter ernährt wie die andere, dass die eine Pflanze, mit einem reichen und üppigen Wurzelwerke in einem nahrungsstoffärmeren Boden eben so productiv sein kann wie eine andere mit kümmerlicheren Wurzelwerke in einem reicheren Boden. Diese Verhältnisse treten bei den Culturpflanzen sehr entschieden hervor und auf ihnen beruht zum Theil ja das Fruchtwechselsystem. Der Raps mit seinem schwachen Wurzelwerke, der, besonders arm an Wurzelfäden, nur wenig aufnehmende Organe in den Boden entsendet, kann nur reiche Erndten auf gut gedüngten, nahrungsstoffreichen Boden geben und zwar meistens nur in reichen Düngungen selbst. Der Weizen, reicher an Wurzelfäden, durchsetzt den Boden vollständiger, kommt mit mehr Bodentheilen in Berührung und kann deshalb auch in einem weniger reichen Boden und als Nachfrucht des Rapses mit gutem Erfolge gebaut werden. Von allen Halmfrüchten zeichnet sich der Hafer am meisten durch die weite Verbreitung seines Wurzelwerkes und durch den Reichthum an Wurzelfäden aus; dadurch ist er aber auch geeignet auf einem Boden noch gute Erndten zu liefern, auf welchem andere Halmfrüchte nicht recht mehr fortkommen würden, und es erklärt sich daraus, weshalb man den Hafer ohne Düngung in der Regel als sogenannte Abtragefrucht im Fruchtwechsel-Turnus baut.

Bei den meisten Hackfrüchten, bei den Runkelrüben z. B., ist

die Wurzel ebenfalls nur kümmerlich entwickelt; sie verlangen deshalb, sollen sie gute Erndten liefern, einen nahrungsstoffreichen Boden und man baut sie gewöhnlich als erste Frucht gleich nach der Düngung.

Am leichtesten ernährt sich jedenfalls der Klee, besonders der Rothklee, denn er besitzt von allen Culturpflanzen das üppigste Wurzelwerk und einen grossen Reichthum an Nebenwurzeln. Wo die Halmgewächse schon den grössten Theil der Nahrung fortgenommen haben, kann Klee noch gedeihen; durch seine Unzahl von Wurzelfäden und Seitenwurzelfäden kommt er mit viel mehr Punkten des Bodens in Berührung als seine Vorgänger und nimmt so die im Boden verbliebenen Nahrungsstoffe noch auf.

Was die quantitativen Beziehungen des Nährstoffgehaltes des Bodens betrifft, so dürfte es wohl schwerlich einen cultivirten Boden geben, den man zu reich an Nahrungsstoffen nennen könne; wohl mag manchmal der eine oder andere der Nahrungsstoffe in überwiegender Menge vorhanden sein, und dadurch störend auf die augenblickliche Vegetation wirken, so z. B. stickstoffhaltige Nährstoffe, welche bei Halmfrüchten eine zu üppige Entwicklung des Stengels und der Blätter herbeiführen, wodurch dieselben sich leicht niederlegen und der Körnerertrag ausserdem herabgesetzt werden kann. In jungem Polderboden ist der Gehalt an Chlornatrium und anderen Bestandtheilen des Meerwassers oft gross und die Vegetation der Culturpflanzen hat darunter zu leiden. Am leichtesten würde jedenfalls ein Sandboden an einem Uebermaasse von Nahrungsstoffen leiden, weil in demselben die absorbirende Kraft eine geringe ist und ein grosser Theil der Nahrungsstoffe sich gelöst in dem Bodenwasser findet. Bei einem thonhaltigen Boden, der um so mehr Nahrungsstoffe zu absorbiren vermag, als die Concentration der Bodenlösung höher ist, wird eine allzuhohe Concentration nicht leicht zu befürchten sein. Die absorbirten Nahrungsstoffe, solange sie sich in ihrer ungelösten Form befinden, wirken nicht besonders auf die Pflanze ein. Welchen Einfluss ein allzugrosser Gehalt des Bodens an Nährstoffen auf die Vegetation hat, lässt sich unter anderen Versuchen sehr auffallend an den Versuchen Henneberg's mit Gerste in einem nahrungsstoffarmen Sande erkennen. Dem Sande wurden die Nahrungsstoffe in Form von Mineralsalzen zugeführt. Ein richtiges relatives Verhältniss der Mineralstoffmischung vorausgesetzt, hatte ein Zusatz

von $^1/_{1000}$ Procent zum Boden noch keinen Einfluss auf die darin wachsende Pflanze. Wurde der Zuwachs auf $^5/_{1000}$ Procent erhöht, so war eine Einwirkung schon deutlich zu bemerken und diese gestaltete sich immer günstiger bis zu einer Zusatzhöhe von $^1/_{10}$ Procent des Bodens. Eine Vermehrung der Nährstoffe auf $^1/_2$ und noch mehr die Vermehrung auf 1 Procent des Bodens hatte aber gewisse Unregelmässigkeiten im Wachsthum zur Folge; die günstigste Quantität war damit augenscheinlich überschritten. Bei den kaliärmeren Düngermischungen lag das günstigste Maximum etwas höher. Selbstverständlich haben die Zahlen nur einen sehr beschränkten Werth; sie beziehen sich auf einen nahrungsstofffreien Sand und auf Gerste.*)

Uebrigens wird der Fall wohl kaum vorkommen, dass ein Landwirth sich über allzugrossen Reichthum seines Bodens an Nahrungsstoffen beklagt, nur das Vorherrschen des einen oder anderen der Nahrungsstoffe könnte ihm zuweilen unangenehm werden, besonders ein Vorherrschen stickstoffhaltiger Nährstoffe, wie das bei starker Guanodüngung oder starker Stalldüngung zuweilen vorkommt. Doch wo dies zu erwarten steht, wird er durch den Anbau der richtigen Frucht nur vortheilhafte Erndten zu erwarten haben. Ueber den Einfluss der einseitig vermehrten Nahrung habe ich bereits in einem früheren Capitel gesprochen.

Einfluss des Bodens auf die Vegetation. Wie sehr verschieden der Boden, seine physicalischen und chemischen Eigenschaften, auf die Vegetation einwirken, zeigen uns am besten die wildwachsenden Pflanzen; jede Bodenart hat ihre eigene Flora und es giebt Pflanzen, die sich so constant auf einer gewissen Bodenart zeigen, dass man sie als Charakterpflanzen ansehen könnte, dass man aus ihnen auf den Boden zurückschliessen kann. Ich will im Nachfolgenden eine kurze Zusammenstellung derjenigen Pflanzen geben, welche am häufigsten in der Flora der verschiedenen Bodenarten gefunden werden.

Sandboden.

Elymus arenarius, Sandhafer. Helm, durchzieht mit seinen zahlreichen Rhizomen den Sand weithin; befestigt den Sand; auf Dünen häufig.

---

*) Annalen der Landwirthschaft im preuss. Staate. 19. Jahrgang. Heft XI. 1861. S. 296—361.

Arundo arenaria, Sandrohr. Auf Sand mit feuchtem Untergrunde.

Corynephorus canescens (Aira), graue Schmele. Auf trocknem, etwas festem Sande.

Aira flexuosa, Drathschmele. Auf trocknem, sandigen Waldboden.

Nardus stricta, steifes Borstengras. Es bildet auf torfigem Sandboden einen dichten Rasen.

Festuca ovina, Schafschwingel. Bildet auf dem ärmsten Sandboden dichten Rasen und liefert Schaffutter.

Carex arenaria, Sandegge. Durchzieht weithin mit ihren Rhizomen den losen Sand, Flugsand; befestigt denselben.

Allium arenarium, Sandlauf. Unkraut der mageren Sandfelder.

Pinus silvestris, Kiefer. Kommt auf dem ausgedorrtesten Sandboden fort und lässt sich zur Anlage von Wäldern darauf verwenden.

Plantago arenaria, Sandwegetritt. Ein lästiges Unkraut auf leichtem Sandboden.

Armeria vulgaris, Grasnelke. Sie giebt dem Sandboden durch tiefgehende Wurzeln und an den Boden angeschmiegte Blätter einige Festigkeit.

Veronica verna, Frühlingsehrenpreis. Auf ausgedorrtem Sande.

Erica vulgaris, Haidekraut. Auf sterilen sandigen Haiden.

Gnaphalium arenarium, gelbe Katzenpfötchen. Echte Sandpflanze.

Hieracium Pilosella, Habichtskraut. Auf sandigen Triften, an Wegen und Abhängen in grosser Ausdehnung.

Scleranthus annuus und perennis, Knäuel. Auf Stoppelfeldern häufig.

Spartium scoparium, Besenpfriemen. An Waldrändern, Wegen häufig, auf dem sterilsten Sandboden und auf Flugsand.

Trifolium fragiferum, Erdbeerklee. Auf feuchtem Sande.

Erodium cicutarium, Storchschnabel. Auf Brachfeldern.

Spergula pendandra, Frühlingsspark. Auf sandigem Haideboden. — Spergula nodosa, Knotenspark. Auf sandigen Wiesen und Triften. — Spergula arvensis, Ackerspark, Unkraut des Getreides, cultivirt eine wichtige Futterpflanze auf schlechtem Sandboden. — Spergularia (Arenaria) rubra, Rothes Sandkraut, Unkraut auf jedem Sandboden.

Alle diese Pflanzen sind entschiedene Charakterpflanzen des Sandbodens.

Iberis naudicaulis, Haidekresse. Nur auf sterilem Sandboden.

Draba verna, Hungerblümchen. Unkraut der Sandfelder, auf Triften, besonders im ersten Frühjahre.

Thonboden. Lehmboden.

Equisetum arvense, Schachtelhalm, Duwok. Lästiges Unkraut. Das Rhizom dringt tief in den Boden ein. Echte Charakterpflanze des nassen Thons. Wo er vorkommt, ist im Untergrunde immer ein nasser thonreicher Boden mit viel aufnehmbarer Kieselsäure. Wo sie sich zeigt, ist immer viel leichtlösliche Kieselsäure.

Lolium perenne, englisches Reygras. Auf nicht zu nassem Thon- und Lehmboden.

Alopecurus pratensis. Wiesenfuchsschwanz. Auf feuchtem Thon- und Lehmboden.

Poa, Rispengras. Lieben alle einen thonigen Boden.

Cynosurus cristatus, Kammgras. Auf trocknem Lehm.

Convallaria, Maiblumen u. s. w. In Wäldern mit lehmigem und thonigem Boden.

Lamium maculatum, gefleckter Bienensaug. Auf feuchtem, lehmigem Boden.

Galeobdolon luteum, gelbe Taubnessel. In Laubholzwäldern auf thonigem und lehmigem Boden.

Tussilago Farfara, Huflattig. Eine echte Charakterpflanze des schweren Thon- und Lehmbodens.

Petasites officinalis, Pestwurz. Echte Charakterpflanze des nassen Thon- und Lehmbodens. An Bächen, Gräben u. s. w.

Tanacetum vulgare, Rainfarrn. Eine echte Thon- und Lehmpflanze.

Anemone nemorosa und ranunculoides, zeigen immer einen grösseren Thongehalt an. In Wäldern.

Ranunculus, Hahnenfuss. Sie finden sich vorzugsweise auf thonigem und lehmigem Boden.

Kalkboden.

Brachypodium pinnatum, Zwecke. Auf trocknen kalkigen Hügeln.

Cypripedium Calceolus, Frauenschuh. Eine echte Charakterpflanze des reinen Kalkbodens. In Wäldern.

Primula veris, Frühlingshimmelsschlüssel. Deutet auf Kalkgehalt. Auf Wiesen.

Prunella grandiflora. Eine Charakterpflanze des Kalkbodens.

Sherardia arvensis, Kalkpflanze.

Sanguisorbia officinalis, gemeiner Wiesenknopf. Auf Wiesen mit Kalk.

Poterium Sanguisorbia, Biebernelle. Eine Charakterpflanze des Kalkbodens.

Trifolium rubens, grosser rother Klee, Trifolium alpestre und montanum, rother Waldklee und Bergklee, findet man vorzugsweise auf Kalkboden.

Medicago falcata, gelbe Luzerne, minima, kleiner Schneckenklee, sativa, Luzerne. Erfordern einen kalkhaltigen Boden, letztere wenigstens in den tieferen Schichten.

Onobrychis sativa, Esparsette. Auf trocknem kalkhaltigem Boden.

Saponaria officinalis, Seifenkraut, deutet auf Kalk im Boden.

Helianthemum vulgare, Sonnenröschen. Auf trocknen Hügeln.

Anemone sylvestris, Waldanemone, liebt vorzugsweise den Kalkboden.

Adonis vernalis. Eine echte Kalkpflanze.

Humusreicher Boden.

Thon-, Lehm-, Sand- und dergl. Boden.

Triticum repens, Quecke.

Poa annua, einjähriges Rispengras.

Urtica urens, kleine Brennnessel. Auf fettem cultivirtem Boden.

Euphorbia helioscopia und Peplus, sonnenwendige und Gartenwolfsmilch, auf humusreichem cultivirtem Boden.

Chenopodium, Gänsefuss
Atriplex. Melde
Amaranthus Blitum
} auf humus- und nährstoffreichem Boden.

Lamium album, purpureum, amplexicaule, Taubnessel, Unkräuter jedes humusreichen Acker- und Gartenbodens.

Borago officinalis. Auf humus- und nährstoffreichem Gartenboden.

Alsine media, Vogelmiere.

Tlapsi arvense, Ackertäschelkraut.

Fumaria officinalis, gemeiner Erdrauch.

Veronica triphyllos, dreiblättriger Ehrenpreis.

Torfboden.

Spagnum, Torfmoos, verschiedene Arten. Auf nassem Torf.
Molinea coerulea, blaue Schmele. Auf trocken gelegtem Torf.
Aira caespitosa, Rasenschmele. Auf trocken gelegtem Torf.
Glyceria fluitans, Mannagras. Auf nassem Torf.
Eriophorum, Wollgras, mehrere Arten. Auf nassem Torf.
Polygonum Bistorta, Wiesenknötrich. Auf nassen Torfwiesen.
Pinguicula vulgaris, Fettkraut. Auf trocknem Torfe, Haiden.
Erica tetralix, Sumpfhaidekraut. Auf nassem Torf.
Ledum palustre, ebenfalls.
Vaccinium uliginosum und Oxycoccos, Rauschbeere und Moosbeere. Wie die vorhergehenden.
Drosera, Sonnenthau, verschiedene Arten. Auf nassem Torfe.

Eisenschüssige Bodenarten.

Rumex acetosa und acetosella, kleiner Sauerampfer, die Charakterpflanzen des genannten Bodens.

Die Culturpflanzen schmiegen sich dem Boden ebenfalls mehr oder weniger an; so sehen wir, dass die eine Pflanze diesen, die andere Pflanze jenen Boden vorzieht, oder dass die eine Pflanze auf einem gewissen Boden noch Erträge liefert, während auf demselben eine andere Pflanze nicht mehr fortkommt. Ich erinnere nur an den Roggen, welcher auf Sandboden lohnendere Erträge liefert wie Weizen und weshalb dieser Boden den Namen Roggenboden erhalten hat. Diese Bezeichnung soll indess nicht anzeigen, dass der Roggen den Sandboden besonders vorzieht, denn er liefert auf Mergel- und Lehmboden weit grössere Erträge. Der Landwirth hat auf diese Beziehungen des Bodens zur Vegetation eine besondere Rücksicht zu nehmen.

Zuerst sind es wieder die Feuchtigkeitsverhältnisse, die den Vegetationscharakter des Bodens bestimmen, wasserhaltende und wassergasabsorbirende Kraft und Verdunstungsfähigkeit, dann kommen dabei die Absorption der Nahrungsstoffe und die Cohäerescenzverhältnisse in Betracht.

Der Thonboden enthält in der Regel viel Feuchtigkeit, er nimmt dieselbe in grösserer Menge auf und lässt sie nur schwer wieder fortgehen; der grössere Feuchtigkeitsgehalt macht ihn aber kalt, schränkt seine Vegetationsperiode auf eine kürzere Zeit ein. Die Pflanzen auf ihm sind in der Regel diejenigen, welche procentisch am reichsten an Wasser sind. Pflanzen, deren

Organisation wenig Wärme bedarf und welche bei viel Bodenfeuchtigkeit gedeihen können, kommen auf ihm gut fort. Winterweizen ist seine Hauptculturpflanze; Pferdebohnen, eine wenig Wärme bedürftige Pflanze, liefert ausgezeichnete Erträge.

Seine starke absorbirende Kraft verhindert das Tiefergehen der Nahrungsstoffe; diese bleiben in der oberen Schicht aufgespeichert und kommen so allmählig der Vegetation zu Gute. Besonders trägt hierzu auch viel die geringe Beweglichkeit der Bodenlösung bei, oder mit anderen Worten: der Thonboden, wenn er mit Wasser gesättigt ist, lässt dasselbe nicht leicht nach unten abziehen, es bleibt in der oberen Schicht und verdunstet in weit grösserer Menge wieder aus dieser fort, als es nach unten geht. Er verträgt deshalb starke Düngungen und zeigt in seinem Ertrage eine grosse Beständigkeit, indem er die aufgespeicherten Nahrungsstoffe allmählig wieder frei werden lässt. Turnusdüngungen sind bei ihm am meisten angebracht. Enthält der Boden lösende Agenzien in reicher Menge, so ist die Concentration der Bodenflüssigkeit eine bedeutende, und dies ist die Ursache, weshalb Pflanzen mit kümmerlich entwickeltem Wurzelwerk auf diesem Boden gerade die ausgezeichnetsten und schwersten Erndten liefern; freilich darf in ihm das Wasser nicht stocken und er im Frühjahre nicht zu lange nass bleiben. Weizen und Raps sind auf einem gut cultivirten Thonboden aus diesen Gründen die ertragreichsten Früchte; sie vermögen darauf mehr wie auf jedem anderen Boden zu liefern. Ich habe einige Mal gesehen, dass eine Kochsalzdüngung auf einem schweren Thonboden ganz ausgezeichnete Erndten gab und kann ich dies nur der lösenden Kraft, welche das Kochsalz auf die absorbirten Nährstoffe ausübt, zuschreiben. Düngungen mit derartigen Stoffen (Kochsalz, Abraumsalz, Chilisalpeter) sollten auf schwerem Thonboden häufiger versucht werden, besonders zu Raps und Weizen, auch zu Gerste, als dies bisher geschehen ist; es werden dadurch in grösserer Menge Nahrungsstoffe frei gemacht und die Concentration der Bodenlösung wird erhöht, was eben bei Pflanzen mit kümmerlicher Wurzelentwicklung eine Hauptsache ist.

In landwirthschaftlicher Beziehung ist der Thonboden in seiner besseren Qualität der Boden für Raps, Winterweizen, Wintergerste, Wicken, Rothklee u. s. w. Diese können auf ihm in häufiger Wiederkehr gebaut werden; seine Kleefähigkeit ist in wärmeren

Gegenden eine ganz vorzügliche. Wurzelgewächse sind weniger seine Pflanzen und Sommerfrüchte sind wegen der kurzen Vegetationsperiode und dem späten Eintritt der Vegetationsthätigkeit dieses Bodens in kälterern Gegenden weniger geeignet. Die schlechtere Qualität des Thonbodens, sehr strenger, kalter und nasser Boden, zeigt sich am dankbarsten noch bei Weizen, Hafer und Pferdebohnen.

Der Sandboden. Geringe wasserhaltende Kraft, starkes Verdunstungsvermögen, schwaches Absorptionsvermögen gegen Gase und Nahrungsstoffe, grosse Durchlässigkeit, das sind die physicalischen Eigenschaften, die den Charakter dieses Bodens bestimmen. Er ist ein trockner Boden, dabei erwärmt er sich leicht. Zwar ist die Vegetation im Frühjahre, wenn der Boden nicht nahrungsstoffarm ist, eine frühe und zuweilen sogar eine üppige; in trocknen Klimaten aber leidet im Sommer die Vegetation an Trockenheit und sehr häufig an Nothreife, d. h. die Samenreife tritt ein, wenn der Same noch nicht gehörig entwickelt ist. Der Mangel an Feuchtigkeit ist die Ursache des geringen Strohertrags bei den Cerealien; überhaupt ist die Entwicklung der oberirdischen Stengeltheile eine kümmerliche. Roggen, eine Pflanze die nur wenig Feuchtigkeit bedarf, ist das lohnendste Culturgewächs auf dem Sandboden; auf einem etwas thonhaltigen Sandboden giebt der Hafer auch noch lohnende Erträge, besonders sind auf einem solchen aber die stärkemehlhaltigen Knollengewächse eine recht gedeihliche Frucht. Die Kartoffeln liefern zwar keinen so grossen Ertrag wie auf manchem anderen Boden, sie sind aber stärkereicher und wohlschmeckender und wachsen dabei nur unbedeutend in's Kraut. Das Schlimmste für den Landwirth ist wohl, dass der Klee auf diesem Boden nicht fortkommt; von Futtergewächsen liefert der Spörgel (angebaute Spergula arvensis) den grössten Ertrag.

Seine schlimmste Eigenschaft ist die geringe nährstoffabsorbirende Kraft. Kommen in grösserer Menge Nahrungsstoffe mit dem Sandboden in Berührung, so werden sie nur zum Theil absorbirt; ein grosser Theil bleibt in der Bodenlösung zurück und kann durch Regen sehr leicht aus der Ackerkrume in den Untergrund hinabgespült werden. Bei mässig feuchter Witterung, besonders wenn keine starke Regen fallen, kann ein starkgedüngter Sandboden grosse Erträge liefern, weil sich in ihm eine hoch-

concentrirte Bodenlösung ansammelt. Der Landwirth geht indess am sichersten, wenn er dem Sandboden kein grosses Düngercapital anvertraut; er wird dadurch wenigstens einem Verluste an pflanzlichen Nahrungsstoffen, die in den Untergrund hinabgewaschen werden, entgehen. Häufig düngen und wenig, eben soviel nur als zu einer Erndte ausreicht, das ist der Grundsatz bei der Beackerung der Sandfelder.

Eine eigenthümliche Bedeutung für den Sandboden hat die Lupine. Durch ihren Blattreichthum beschattet sie den Boden stark und erhält ihn dadurch so feucht, dass sie ihre eigenen Vegetationsprocesse durchmachen kann. Ihr Wurzelwerk verbreitet sich weit und besonders in tiefere Schichten, wodurch die Aufnahme der Nahrungsstoffe erleichtert und die in tieferen Schichten befindlichen Nahrungsstoffe ebenfalls wieder in den Kreislauf der Pflanzenernährung zurückgeführt werden. Die Lupine lässt sich als einen Nahrungssammler ansehen, sie nimmt dieselben aus den den sonstigen Culturpflanzen wenig zugänglichen Bodenpartien auf und häuft sie in ihrem Gewebe an. Geschnitten und grün untergepflügt, werden die Nahrungsstoffe bei der Zersetzung des Pflanzengewebes allmählig wieder frei und, in der oberen Bodenschicht befindlich, dienen sie dann leicht den flachwurzelnden Culturgewächsen zur Ernährung. Uebrigens ist bei der Lupinen-Gründüngung nicht zu übersehen, dass die untergepflügte Pflanzenmasse in Menge Humus liefert und dadurch die Feuchtigkeitsverhältnisse des Sandbodens bedeutend verbessert.

Der Lehmboden steht zwischen dem Thonboden und dem Sande; enthält er in grösserer Menge Thon, so ist der dem besseren Thonboden in jeder Beziehung gleich, jemehr aber der Thon zurücktritt, um so mehr nähert er sich dem Sandboden.

Der Mergelboden ist hinsichtlich der physicalischen Verhältnisse in zwei Gruppen zu scheiden: thoniger Mergelboden, welcher die günstigsten Feuchtigkeitsverhältnisse besitzt, und sandiger Mergelboden, der in jeder Beziehung dem Sandboden nahe kommt, hinsichtlich der Trockenheit demselben oft vollständig gleich ist.

Thoniger Mergelboden ist durchaus locker, lässt sich leicht bearbeiten und dadurch eben gut auflockern, die Durchlüftung ist erleichtert, selbst in der tieferen Schicht der Ackerkrume und in der oberen Schicht des Untergrundes noch möglich. Aus dieser

Ursache ist die Verbreitung der Wurzeln in ihm eine bedeutende und besonders die Entwicklung eines besseren Wurzelwerkes in den tieferen Schichten möglich. Weil die Feuchtigkeits- und Absorptionsverhältnisse bei ihm gute sind, ist dieser Boden nicht nur den meisten Culturpflanzen zusagend, sondern er ist auch ganz vorzüglich der Boden für die tiefwurzelnden Pflanzen und für alle Wurzelgewächse — Runkel- und Zuckerrüben, Möhren, Luzerne, Hopfen u. s. w. Die Hülsenfrüchte liefern auf ihm die grössten Erträge und schreibt man dies dem Kalkgehalte des Bodens zu; dass hier der Kalk aber durch seine directe Beziehung zur Ernährung allein, als Nährstoff, die besondere Wirkung hervorbringen soll, dürfte nicht wahrscheinlich sein: ein Theil dieser Wirkung ist auch den günstigen physicalischen Bodenverhältnissen, welche durch den höheren Kalkgehalt herbeigeführt werden, beizumessen.

Der leichte Mergelboden nähert sich um so mehr dem Sandboden, als er ärmer an Thon ist und kommt in den meisten Beziehungen mit diesem überein.

Der Kalkboden verhält sich ähnlich wie der Mergelboden; enthält er wenig Thon, so ist er ausserordentlich trocken und verbrennen die Pflanzen dann leicht auf ihm. Der Kreideboden, auf dem Muttergestein (Kreidefels) ruhend, gehört hierher; auf demselben kommen in feuchten Klimaten oft nur einige verkümmerte Gräser fort.

Humusreiche Bodenarten, ohne stockendes Wasser, bleiben beständig mässig feucht, sind locker und leicht durchlüftbar, sie entziehen der Atmosphäre gasige Nahrungsstoffe und Feuchtigkeit in grösserer Menge; ihre Absorptionsfähigkeit gegen Nährstoffe hängt von den Beigemengtheilen ab; gewöhnlich werden die meisten Nährstoffe in gehöriger Weise absorbirt, nur die Kieselsäure macht hiervon eine Ausnahme, wenn der Boden etwas viel Säure enthält; sie wird dann sehr wenig absorbirt. In leicht durchlüftbarem Humusboden bildet sich in grösster Menge Kohlensäure, dadurch werden die absorbirten Nahrungsstoffe in leicht lösliche Formen übergeführt und die Bodenlösung erhält eine höhere Concentration, wenn der Boden reich an Nahrungsstoffen ist. Aus diesem Grunde liefern Gewächse, die wegen ihres kümmerlichen Wurzelwerkes auf eine concentrirte Bodenlösung angewiesen sind, auf humosem nahrungsstoffreichem Boden enorme Erträge. Fast auf allen Humusbodenarten ist der Strohertrag ein grosser, bei nahrungs-

stoffarmem Boden bleibt die Entwicklung der Körner aber oft eine sehr unvollkommene.

Nasser Humusboden, d. h. solcher mit stockendem Wasser, Torf- und Moorboden u. s. w. sind sauer durch einen grossen Gehalt des Bodenwassers an Humussäuren oder sauren humussauren Salzen. Besonders in diesem Boden wird die Kieselsäure in geringer Menge absorbirt, und ist in löslicher Form zugegen, und wir sehen deshalb auf ihnen kieselsäurereiche Pflanzen; vorzüglich, aber zum Leidwesen des Landwirths, gedeihen Binsen, Riedgräser, Simsen u. s. w. Viele Culturgewächse können die Humussäuren oder humussauren Salze nicht vertragen, sie richten die Wurzeln derselben, indem sie sich in den Membranen der Wurzelzellen absetzen, zu Grunde. Am besten kommt noch der Buchweizen fort, welcher gegen diese Stoffe nicht so empfindlich ist; auf Moorboden kann der Hanf auch noch mit einigem Erfolge gebaut werden, bei nicht gar zu schlechter Beschaffenheit auch Hafer.

Die Nährstoffmischung.

Auf einem eisenschüssigen Boden, worin sich das Eisen in grösserer Menge in löslicher Form findet, ist die Vegetation der Sauerampferarten — Rumex acetosella und acetosa — eine recht üppige; sobald aber der Boden gehörig mit Kalk oder Mergel gedüngt wird, ist die Rumex-Flor sehr bald verschwunden, jedenfalls weil das Eisen durch den Kalk in unlösliche Formen zurückgeführt wird. Auf einem kaliarmen Boden gedeihen Zuckerrüben nicht, die Production von Zucker ist gering; der kalireiche Boden hingegen ist der Zuckerproduction äusserst günstig. Ein Boden, überreich an stickstoffhaltigen Nährstoffen, ist dem Rapse günstig, dem Weizen und Roggen ungünstig, weil letztere in's Stroh schiessen und dann oft wenig Körner liefern. Demnach zu urtheilen, scheint jeder Pflanze ein bestimmtes Verhältniss der anorganischen Nährstoffe zu einander am meisten zuzusagen; die eine wird am besten gedeihen bei einer Nährstoffmischung, worin die stickstoffhaltigen Nährstoffe das Uebergewicht haben, die andere, wenn das Uebergewicht auf das Kali fällt u. s. w. So wichtig wie die Kenntniss dieser Verhältnisse für den Ackerbau ist, so wenig wissen wir aber darüber; die Düngungsversuche haben hierauf bis jetzt keine Rücksicht genommen und wird sogar die heutige Methode der

Düngungsversuche auch schwerlich zu endgültigen Resultaten zu führen geeignet sein. Und gerade der Ackerbau bedarf der Aufklärung über diesen Punkt am meisten, weil auf ihm zum grössten Theile die Fruchtfolge, die Seele der rationellen Landwirthschaft beruht und für immer beruhen wird.

Düngen wir den Boden mit einem gewissen Nährstoffe, so dürfen wir den Erfolg desselben noch nicht direct dem gegebenen Stoffe zuschreiben, oder um mich deutlicher auszudrücken, wollen wir wissen, in welchen Beziehungen ein gewisser Pflanzennährstoff zur Entwicklung einer gewissen Pflanze steht, und geben ihn dem Boden, so kann er entweder direct als solcher günstig wirken, er kann aber auch dadurch wirken, dass er andere Stoffe im Boden zur Lösung bringt und diese die günstige Wirkung auf die Entwicklung der Pflanze herbeiführen. Dasselbe tritt auch ein, wenn wir dem Boden eine gewisse Nährstoffmischung geben, um diejenige kennen zu lernen, welche einer gewissen Pflanze am meisten zusagt. Geben wir einem sonst nährstoffreichen Boden einen gewissen Nährstoff, allenfalls Kali, allein, so haben wir damit auch die Nährstoffmischung verändert, das Kali hat zugenommen, die übrigen Nährstoffe sind in gleicher Menge geblieben. So dürften wir urtheilen, wenn die Nährstoffe in der Form im Boden verharrten, in welcher wir sie dem Boden zuführten; das ist aber nicht der Fall: das Kali wird absorbirt und andere Stoffe werden dadurch frei; die Nährstoffmischung hat sich nun überhaupt verändert. Dasselbe tritt aber auch ein, wenn wir einem Boden eine Gesammt-Nährstoffmischung geben. Gelangt dieselbe in den Boden, so werden die einzelnen Stoffe verschieden stark absorbirt, andere Stoffe werden durch die absorbirten frei, kurz die Nährstoffmischung, welche der Pflanze geboten ist, hat eine ganz andere Zusammensetzung angenommen. Die Düngungsversuche dürften aus dieser Ursache nicht geeignet sein, zuverlässige Schlüsse über die Nährstoffmischungen zu liefern.

Sichere Aufschlüsse hierüber zu geben, sind wohl allein nur die Vegetationsversuche in wässrigen Lösungen, worin alle Stoffe in gelöster Form vorhanden sind, geeignet. Die bisherigen Versuche haben unseren Gegenstand noch zu wenig zum Ausgangspunkte genommen.

Beiläufig bemerkt fand Hellriegel*) bei seinen Versuchen mit

*) Annalen der Landwirthschaft. 1861. Heft X. u. XI. S. 357.

Gerste in nährstofffreiem Sande für Gerste diejenige Nährstoffmischung als die günstigste, „in der sich sämmtliche für das Pflanzenwachsthum nothwendigen Mineralstoffe in gleichem Aequivalentverhältnisse vorfinden."

Man könnte sich zu dem Glauben verleiten lassen, dass die Aschenanalysen uns Aufschluss über die der Pflanze vortheilhafteste Nährstoffmischung zu geben im Stande seien; aber auch dem stehen manche Bedenken entgegen. Zuerst wissen wir noch nicht, welche von den in der Pflanzenasche gefundenen Stoffen als nothwendige und als zufällige zu betrachten sind; doch würde es nicht viel verschlagen, wenn wir alle in der Asche gefundenen Stoffe als nothwendig annähmen; übrigens geben uns die Versuche mit Pflanzen in wässrigen Lösungen auch einige Anhaltspunkte. Dann können zweitens aber auch Stoffe in der Pflanze in grösserer Menge zugegen sein, ohne dass diese ganze Menge in der Pflanze zur Verwendung gekommen ist. So könnten kohlensaurer Kalk oder Eisen zur Ausscheidung gelangen und sich anhäufen, ohne assimilirt gewesen zu sein oder sonst eine Function in der Pflanze verrichtet zu haben; so kann Natron im Pflanzensafte in grösserer Menge gelöst vorkommen, weil es im Boden sich in grösserer Menge findet, auch selbst phosphorsaurer Kalk und schwefelsaurer Kalk könnten ausgeschieden werden, ohne irgend eine Function verrichtet zu haben. Das dritte Bedenken stellt sich uns in den Schwankungen entgegen, welchen die einzelnen Aschenbestandtheile unterworfen sind und die oft bis zu einer beträchtlichen Grösse steigen. Diesen letzteren wollen wir eine eingehendere Erörterung zu Theil werden lassen.

Die beiden grossen Reihen der organischen Substanzen, die Kohlenhydrate und Proteinstoffe, können in der Pflanze beträchtliche Schwankungen erleiden, ohne dass die Existenz derselben in Frage gestellt wird. Wir haben die Proteinstoffe als die Organbilder kennen gelernt, d. h. sie sind vorzugsweise bei der Zellenbildung thätig, wodurch die Organe ja gebildet werden; natürlich haben auch geringere Mengen Kohlenhydrate an der Zellenbildung Antheil.*) Organbildung, d. h. Wachsthum kann ungestört von

*) Wenn ich die Proteinstoffe als die Organbilder bezeichnete, so glaube ich nicht ganz unrecht zu haben. Der wesentlichste Theil der Zelle ist das proteinstoffreiche Protoplasma und der Kern, die Membran ist ein unthätiger Theil der Zelle, sie verhält sich bei den Functionen

Statten gehen, wenn nur soviel Kohlenhydrate vorhanden sind, als die Membranbildung und überhaupt Organbildung erfordert. Die Kohlenhydrate können indess auch in sehr grosser Menge zugegen sein und werden alsdann als Reservestoffe abgelagert. Wir können also vollständig ausgebildete Pflanzen haben, in welchen die Kohlenhydrate und ihre Abkömmlinge (Säuren, Oele u. s. w.) den Proteinsubstanzen gegenüber in verhältnissmässig geringer Menge zugegen sind; in einer anderen Pflanze derselben Species oder Varietät, aber unter anderen Bedingungen gewachsen, können die Kohlenhydrate und ihre Derivate im Verhältnisse zu den Proteinsubstanzen in sehr beträchtlicher Menge auftreten; in beiden Fällen wird die Entwicklung der Pflanze an sich eine normale sein, wenn auch vielleicht nicht als Culturpflanze genügend. Nehmen wir als Beispiel den Weizen. Bei reichlicher Proteinstoffbildung und eben genügenden Kohlenhydraten, bilden sich die Organe der Pflanze vorzüglich aus, viele und grosse Blätter, langer kräftiger Halm, grosse Aehre mit vielen Fruchtansätzen; dabei bleibt es aber, wenn die Kohlenhydrate nicht in grösserer Menge erzeugt wurden; es bilden sich dann die Körner nicht aus, weil sich in ihnen nicht in genügender Menge Stärke anhäuft; kommt soviel Stärke in den Körnern zur Ablagerung, dass sie keimfähig sind, so hat sich die Pflanze dennoch ganz normal entwickelt; der Landwirth ist damit natürlich aber nicht zufrieden, er will grosse, schöne Körner, in welchen in reichlichster Menge Stärke abgelagert ist.

Dem Vorherrschen des einen oder anderen organischen Stoffes (Proteinstoffen, Kohlenhydraten und ihren Derivaten) entspricht natürlich auch das Vorherrschen der zu der Erzeugung derselben nothwendigen anorganischen Stoffe in der Asche. In der Asche

---

der Zelle passiv, bei der Zellentheilung hat sie keinen activen Antheil. Es lässt sich die Zelle auch ohne Membran denken, und sie wird ohne Membran alle Fortbildungsprocesse durchmachen können. In dem thierischen Organismus finden wir Zellen ohne Membrane, die alle Lebensprocesse durchmachen, und selbst im Pflanzenreiche sind derartige Zellen vorhanden, nämlich die Schwärmsporen mancher Algen, die mit einer Protoplasmahülle abschliessen und erst später eine Cellulosemembran bekommen. Die Functionen der Zelle hinsichtlich der Fortbildung (Zellenvermehrung) sind auf Kern und Protoplasma beschränkt, diese bestehen aus Proteinstoffen und dürfen wir deshalb die Proteinstoffe als die eigentlichen Organbilder ansehen und die im Protoplasma enthaltenen Kohlenhydrate als Membranbilder betrachten.

einer proteinstoffreichen und kohlenhydratarmen Pflanze finden wir die proteinstofferzeugenden und Proteinstoffbildung beeinflussenden Nährstoffe in grösserer Menge als in einer gleichen Pflanze, in welcher die Proteinstoffe zurücktreten und die Kohlenhydrate vorherrschen.

Diese Verhältnisse können bedeutende Schwankungen der einzelnen Stoffe im Aschengehalte hervorrufen, ohne dass die Pflanze dabei zu leiden hat.

Mit dem Vorherrschen eines organischen Stoffes muss selbstverständlich auch eine Vermehrung aller derjenigen mineralischen Stoffe in der Asche auftreten, welche zu dem organischen Stoffe, ausser in der Assimilation, auch bei dem Stoffwechsel oder bei seiner Wanderung in Beziehung stehen.

Eine Ursache, welche zu grossen Schwankungen Veranlassung geben kann, haben wir hier noch zu besprechen, es ist die Vertretung der Basen bei der Bindung der in den Pflanzen entstehenden organischen Säuren.

Wir haben gesehen, dass die Basen ausser der Rolle, welche sie bei der Assimilation und dem Stoffwechsel spielen, auch als Säurenbinder thätig sind, d. h. sie verbinden sich mit den in der Pflanze gebildeten organischen Säuren. Da nun aber in der Pflanze unter gewissen Verhältnissen mehr Säuren erzeugt werden können als unter anderen Verhältnissen, so müssen, hierdurch veranlasst, sehr bedeutende Schwankungen im Aschengehalte gleicher Pflanzen auftreten. Es scheint aber, dass die Basen sich gegenseitig bei dieser Rolle vertreten können. Die Schwankungen in der Zusammensetzung der Asche vieler Pflanzen scheinen hierauf zu beruhen. Es sollen hier einige Beispiele angeführt werden.

Hruschauer*) hat die Asche von Weinranken untersucht und in 100 Theilen Asche gefunden auf

	I.	II.	III.
	Gneisboden.	Uebergangskalk.	Glimmerschiefer.
Kali . .	34,13	29,93	26,41
Natron .	7,59	7,00	8,57
Kalk . .	30,28	35,94	31,78
Magnesia .	4,66	7,12	9,16

*) Annalen der Chemie und Pharmacie 1845. Band LIV. S. 331.

Auf dem Boden I. und II. fand derselbe in Maisstroh in 100 Theilen der Asche:

	I. Gneisboden.	II. Uebergangskalk.
Kali	14,46	4,78
Natron . . .	39,92	12,69
Kalk . . .	4,93	11,00
Magnesia . .	1,84	11,14
Phosphorsäure	11,76	22,39
Kieselsäure .	18,89	35,05
Kochsalz . .	6,29	0,55

Wenn wir auch einen Theil der Basenschwankungen der oben besprochenen zweiten Ursache zuschreiben wollen, nämlich der Anhäufung in der Pflanze, ohne bei der Assimilation oder dem Stoffwechsel thätig gewesen zu sein, so werden wir doch einen grossen Theil der Schwankungen am leichtesten erklären, wenn wir sie den Säuren zuschreiben und eine Vertretung der Basen annehmen. Mit dem fallenden Kaligehalte steigt der Kalk- und Magnesiagehalt und eine Vertretung des Kali durch Kalk und Magnesia bei der Bildung der organischen Substanz dürfen wir als nicht wahrscheinlich betrachten.

Die grossen Schwankungen im Basengehalte der Aschen, gewöhnlich begleitet von einer Vertretung der Basen, welche letztere indess nie genau zu nehmen ist, hat früher die Veranlassung zu einer eigenthümlichen Ansicht von der Vertretung der Basen gegeben, die man später hat aufgeben müssen, weil man sich überzeugte, dass im Assimilations- und Stoffwechselprocesse eine Vertretung des einen Stoffes durch einen anderen nicht möglich sei. Und doch ist Vertretung, wenn auch nur in grösseren Umrissen, in der Asche nicht wegzuleugnen, besonders in Kraut- oder Blattpflanzen, nicht aber in den Körnern, wenig nur in blattarmen und stengelschwachen Pflanzen. Im Assimilationsprocesse kann einmal keine Vertretung stattfinden; mag ein Boden noch so reich an Kalk und Magnesia sein, fehlt ihm das Kali, so wird Stärke und Zucker in Kartoffeln und Runkelrüben nicht in grösserer Menge erzeugt; die bei der Stärkeablagerung im Samen nöthige Magnesia kann nicht durch Kali ersetzt werden u. s. w.; wir kennen nun, ausser Assimilation und Stoffwechsel, keine andere Basenconsumtion als die durch Säuren, und auf diese allein müssen wir

die Basenvertretung zurückführen. In recht auffallender Weise zeigt der Tabak diese Verhältnisse, und will ich eine Reihe von Analysen desselben von Fresenius und Will auf der nebenstehenden Tabelle anführen. Bei den Tabakblättern kann wohl nicht die Rede sein von Bildung grösserer Mengen Reservestoffe und Ablagerung derselben, auch scheint der Stickstoffgehalt ein ziemlich gleicher gewesen zu sein, wenigstens wenn es erlaubt ist, aus dem wenig von einander abweichenden Schwefelsäuregehalt darauf zu schliessen, voraussetzend, dass der grösste Theil organischen Schwefel repräsentirt.

Phosphorsäure, Schwefelsäure und Eisenoxyd sind nur geringen Schwankungen unterworfen, um so grösser sind aber die der anderen Basen; immer ist ein Fallen des Kali's von einem Steigen des Kalkes und der Magnesia begleitet.

Wenn wir die beiden ersten der vorhin ausgesprochenen Bedenken vernachlässigen wollen, so würde eine vorsichtig ausgeführte Aschenanalyse*), wobei auch der Stickstoffgehalt der Pflanze mit bestimmt werden muss, ein Bild von dem Verhältnisse der Nährstoffe in der Nährstoffmischung geben; es muss dabei indess eine durchaus normale Pflanze zu Grunde gelegt werden, oder bei Culturpflanzen eine solche, welche auf dem höchsten Gipfel der Cultur steht, d. h. an welcher der Landwirth keine Aussetzungen mehr zu machen hat. Bei einer solchen Pflanze ist das Verhältniss der Proteinsubstanzen zu den Kohlenhydraten und deren Derivaten ein derartiges, wie wir es wünschen, und das Verhältniss der zu jenen Stoffen in Beziehungen stehenden anorganischen Nährstoffe hat einen bestimmten Ausdruck erhalten. In wie weit sich dabei die Basen vertreten können, darüber können uns nur die Aschenanalysen einer grösseren Zahl und unter verschiedenen Verhältnissen gewachsener Pflanzen, deren Entwicklung wir in landwirthschaftlichem Sinne befriedigend nennen, Aufschluss geben. Derartige Analysen müssen sich natürlich auf ganze Pflanzen beziehen. Auf dieser Grundlage würde es vielleicht möglich sein, für jede

*) Ich sage „eine vorsichtig ausgeführte Aschenanalyse"; es dürfen bei dem Einäschern keine anorganischen Stoffe verloren gehen. Am allermeisten ist dies bei der Schwefelsäure zu befürchten, da der organische Schwefel sich leicht mit verflüchtigt; derselbe muss vor dem Einäschern zu Schwefelsäure oxydirt werden. Die meisten Aschenanalysen sind in Bezug auf Schwefelsäure unzuverlässig.

Procentische Zusammensetzung der Asche verschiedener Tabaksorten
von Will und Fresenius.

Tabake.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Kali	29,08	30,67	27,88	18,20	8,20	19,55	9,68	9,36	10,37	11,21
Natron	2,26	—	—	—	—	0,27	—	—	—	—
Magnesia . . .	7,22	8,57	7,31	15,73	13,93	11,07	14,58	15,59	15,04	12,77
Kalk	30,35	27,12	33,84	32,06	46,08	48,68	52,06	52,00	43,45	49,16
Phosphorsäure .	2,74	1,88	1,99	2,12	1,90	3,66	1,62	2,10	2,36	1,97
Schwefelsäure . .	3,75	3,27	3,75	5,91	4,65	3,29	3,90	3,58	5,50	2,98
Eisenoxyd . . .	6,04	4,15	4,40	4,68	4,17	2,99	3,57	4,62	5,20	4,33
Chlornatrium . .	0,91	5,95	9,34	11,41	3,22	3,54	4,61	3,20	6,39	2,58
Chlorkalium . .	—	—	4,90	3,92	8,53	—	4,44	3,27	2,99	2,97

Die Sorten I., II. und III. sind von Debreczin.

Die Sorte IV. ist aus dem Banat.

Die Sorten V. bis X. von Fünfkirchen.

Culturpflanze die Normal-Nährstofflösung mit ihren zulässigen Schwankungen in den einzelnen Bestandtheilen derselben zu erhalten, wenigstens soweit dieselben für die Praxis von Nutzen sind. Bei den Culturpflanzen werden Kieselsäure, Chlor, Eisenoxyde und Natron grössere Schwankungen gestatten; die Minimalgrenze wird schon ziemlich tief gehen können, während die Maximalgrenze für Eisen und Kieselsäure bei gewissen Pflanzen nicht hoch hinaufgehen wird. Nur kleinere Schwankungen werden die übrigen Stoffe, Kali, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Ammoniak (Salpetersäure) gestatten. Am meisten Aufschluss über die Nährstoffmischungen dürften uns wohl gutgeleitete Vegetationsversuche in wässrigen Lösungen oder in an sich nährstofffreiem Sande geben, vorausgesetzt dass es gelingt, auf diese Weise Culturpflanzen zu erziehen, welche allen Anforderungen gerecht werden.

Eine genaue Kenntniss der Nährstoffmischung der Culturpflanzen ist für die landwirthschaftliche Praxis nur in soweit von Vortheil, als das Gesetzliche in den Beziehungen zwischen Nährstoffmischung und Pflanzenentwicklung allgemein festgestellt wird und uns eine sichere wissenschaftliche Grundlage hierfür giebt; für den landwirthschaftlichen Betrieb wird es genügend sein zu wissen, dass eine Nährstoffmischung, in welcher diese oder jene Stoffe im Allgemeinen vorherrschen, für eine gewisse Pflanze oder Pflanzengruppe am vortheilhaftesten ist. In dieser Beziehung lassen sich die unten folgenden Gruppen rechtfertigen und wollen wir dieselben vorläufig unseren Erörterungen über die landwirthschaftliche Praxis zu Grunde legen. Mögen auch spätere Untersuchungen die Beziehungen der einzelnen Stoffe in den Nährstoffmischungen dieser Gruppen zu einander genauer feststellen, so werden durch solche Untersuchungen die Gruppen selbst jedoch keine besondere Umgestaltung erfahren. Der Aufstellung dieser Gruppen liegen die Aschenanalysen und die Resultate der Vegetationsversuche zu Grunde und hat uns hierbei besonders das im Abschnitte über Assimilation über die Beziehungen der anorganischen zu organischen Stoffen Gesagte geleitet.

I. Stickstoff-Gruppe. Ueppige Blatt- und Stengelentwicklung, zuweilen fleischigte Entartung der Blüthenorgane (Blumenkohl). Eiweissreiche Pflanzen. Samenentwicklung unbedeutend, Ablagerung von kohlenhydrati-

gen Reservestoffen fehlt oder ist unbedeutend. Dieser Gruppe ist eine Nährstoffmischung zusagend, in welcher das Ammoniak und die Stickstoffnahrung überhaupt vorherrscht; sie erfordert ebenfalls in reichlichster Menge Schwefelsäure und Kalk. Es zeichnet sich also die Nährstoffmischung dieser Gruppe durch ein Vorherrschen der Stickstoffnahrung, der Schwefelsäure und des Kalkes aus.

II. Kali-Gruppe. Massenhafte Ablagerung und Anhäufung von Kohlenhydraten, vorzüglich in die Wurzel oder in Organe des unterirdischen Stengels. Blatt und Stengel müssen kräftig aber nicht üppig entwickelt sein. In der Nährstoffmischung dieser Gruppe muss das Kali vorherrschen.

III. Phosphorsäure-Gruppe. Vollkommene Entwicklung der Samen bei schwacher Entwicklung der Stengel und Blätter. Anhäufung von Reservestoffen, vorzugsweise von Kohlenhydraten in den Samen. In der Nährstoffmischung, welche dieser Gruppe am meisten zusagt, hat die Phosphorsäure die Oberhand, auch die Magnesia muss in verhältnissmässig grösserer Menge zugegen sein; in dieser Nährstoffmischung ist das Vorherrschen der Kieselsäure nicht schädlich.

IV. Phosphorsäure-Stickstoff-Gruppe. Ueppige Blatt- und Stengel- und kräftige Samenentwicklung. Anhäufung von Reservestoffen, stickstoffhaltigen sowohl wie stickstofffreien, vorherrschend aber von Kohlenhydraten in den Samen. Wenn in der Nährstoffmischung die Stickstoffnahrung vorherrscht, gleichzeitig aber auch Phosphorsäure und Magnesia in grösserer Menge vorhanden sind, so entwickeln sich die Pflanzen dieser Gruppe sehr gut; nur darf die Stickstoffnahrung nicht im Uebermaass zugegen sein.

Reiche Stickstoffnahrung entwickelt die Organe üppig, d. h. Stengel und Blatt; bei übermässiger Entwicklung dieser tritt die Bildung und Ablagerung von Kohlenhydraten oft in den Hintergrund. Mit der reichen Stickstoffnahrung muss auch eine grössere Menge Schwefelsäure geboten sein, es würde sonst eine reichliche Entwicklung von Eiweissstoffen nicht zu Stande kommen.

Das Kali scheint, wie ich früher gezeigt habe, die Kohlenhydratbildung, besonders aber die Ablagerung der Kohlenhydrate in den Reservestoffbehältern zu begünstigen. Es muss zur Kohlenhydratbildung selbstverständlich das Blattwerk kräftig entwickelt sein, es darf also an organbildenden Stoffen nicht fehlen. Es scheint, dass bei gleichem Blattwerke die Kohlenhydratproduction mit der Kalinahrung steigt und fällt, natürlich in gewissen Grenzen. Der Versuch von Nobbe und Anderen bestätigen dies.

Die Phosphorsäure steht in naher Beziehung zur Körnerbildung; wenn sie in reichlicher Menge geboten ist und die Magnesia ist in grösserer Menge vorhanden, so können die Samen sich vollkommen entwickeln und eine grössere Menge Reservestoffe aufhäufen.

Wenn bei einer üppigen Blattentwicklung in grösserer Menge Phosphorsäure und Magnesia geboten sind, so können sich die Samen auch vollkommen entwickeln und eine grössere Menge von Reservestoffen in sich aufhäufen. Aber auch bei solchen Pflanzen darf die Stickstoff- und Schwefelnahrung nicht im Uebermaass in der Nährstoffmischung zugegen sein, weil in diesem Falle die Samenentwicklung gestört werden kann.

Kalk findet sich in grösserer Menge in allen Pflanzen, deren Blattwerk üppig entwickelt ist; er scheint vorzugsweise der Bindung organischer Säuren zu dienen.

Betrachten wir nun die obigen Gruppen hinsichtlich der Culturpflanzen etwas genauer.

I. Stickstoff-Gruppe. Bei dieser Gruppe tritt die Organbildung in den Vordergrund. Die Pflanzen sind eiweissreich; ihre Blätter und Stengel sind üppig entwickelt, oftmals setzt sich sogar die üppige Gewebsentwicklung auf die Blüthenorgane fort, dieselben entarten, d. h. sie werden fleischigt umgestaltet. Die Kohlenhydratbildung ist nur soweit ausgedehnt, als die Organbildung erfordert, oder die übermässige Organbildung consumirt eine solche Menge von Kohlenhydraten, dass eine grössere Ausscheidung und Ablagerung derselben nicht stattfinden kann. Alle hierher gehörigen Pflanzen zeichnen sich durch grossen Wasserreichthum aus. Die massenhafte Bildung von Eiweissstoffen erfordert die Gegenwart einer grösseren Menge von Stickstoffnahrung und Schwefelsäure, die üppige Blatt- und Stengelentwicklung aber auch eine grössere Menge von Kalk. Ich rechne zu dieser Gruppe

die Blattgemüse und andere Gartengewächse, die Cerealien und Hülsenfrüchte als Futtergewächse, die also grün geschnitten werden, Tabak, Hopfen und die Kleearten. Die letzteren bilden eine eigenthümliche Abtheilung dieser Gruppe; sie bedürfen zwar eine grössere Menge Stickstoffnahrung, dieselbe braucht ihnen aber nicht in der Nährstoffmischung geboten zu sein. Wenn die Nährstoffmischung nur soviel Stickstoffnahrung enthält, dass die junge Pflanze sich üppig zu entwickeln vermag, so ist dies genügend; sind die Blätter erst einmal gehörig entwickelt, so nehmen sie aus der Atmosphäre eine grössere Menge Stickstoffnahrung auf und erzeugen selbst eine grössere Menge derselben bei der Verdunstung des Wassers aus den Blättern. Diese Pflanzen verlangen aber eine grössere Menge von Schwefelsäure und Kalk in der Nährstoffmischung, ohne diese werden sich dieselben nicht üppig entwickeln und wenig Pflanzenmasse produciren. Sie gedeihen unter den eben geschilderten Verhältnissen noch auf einem Boden, dem schon viele Nährstoffe durch die vorhergehenden Erndten entzogen worden sind; man darf hieraus aber nicht schliessen, dass die Kleearten sich mit einer geringeren Menge von Nährstoffen begnügten; im Gegentheil ihr Nährstoffbedürfniss ist ein weit grösseres, als bei den meisten anderen Pflanzen, d. h. sie entziehen dem Boden weit mehr mineralische Nährstoffe als die meisten anderen Culturgewächse; sie unterscheiden sich aber von den anderen Culturgewächsen dadurch, dass sie die Nährstoffe sehr leicht aufzunehmen vermögen und selbst aus einem Boden, der durch vorhergehende Erndten schon viel verloren hat.

Die Pflanzen der ersten Gruppe produciren meistens eine grosse Menge von Pflanzenmasse auf einer gegebenen Fläche und es ist deshalb nicht nur nöthig, dass in der Nährstoffmischung die Stickstoff- und Schwefelnahrung sowie der Kalk vorherrschend sind, sondern es muss auch die Nährstoffmenge überhaupt eine grössere sein; es erfordert z. B. die Production auf einer gegebenen Fläche bei der ersten Gruppe eine grössere Quantität Phosphorsäure als bei der dritten Gruppe, der Phosphorsäuregruppe. Es sind dies Verhältnisse, auf die ich später zurückkommen werde; ich will hier nur noch einmal ausdrücklich darauf hinweisen, dass unsere Gruppen sich nur auf das Verhältniss der einzelnen Stoffe der Nährstoffmischung zu einander und auf die darauf beruhenden Vegetationsverhältnisse beziehen.

II. Kali-Gruppe. Die Organbildung ist in soweit eine reichliche, als die Blätter zu einem kräftigen Wachsthum gelangen und die Reservebehälter sich vollkommen entwickeln, damit Kohlenhydrate erzeugt werden können und der Ort der Anhäufung gehörig ausgebildet ist. Vorzugsweise ist es die Wurzel oder der unterirdische Stengel, welche durch fleischigte Entwicklung den Reservestoffbehälter bildet. Es gehören hierher die Kartoffeln, Runkelrüben, Turnips und andere Brassica-Rüben, Möhren, sowie noch manche andere stärke- oder zuckerreiche Rüben- und Knollengewächse. Auch diese Gewächse verlangen eine grössere Menge Stickstoffnahrung, Schwefel und Kalk; es muss in ihrer Nährstoffmischung aber das Kali vorherrschen, sonst würden sie bei einer üppigen Blatt- und zuweilen auch üppigen Wurzel- und Knollen-Entwicklung nicht in genügender Menge Kohlenhydrate ablagern. Es verhalten sich die Pflanzen dieser Gruppe aber etwas verschieden. Die Kartoffeln z. B. erzeugen bei reicher Stickstoffnahrung und zu geringer Kalinahrung eine blatt- und stengelüppige Pflanze, wohingegen sich keine oder nur unbedeutende Knollen entwickeln. Die Rüben hingegen bilden bei übermässiger Stickstoffnahrung und zu wenig Kali den Reservestoffbehälter in der Wurzel zwar aus und oft sogar in sehr bedeutender Weise, es fehlt jedoch in der Rübe eine entsprechende Ablagerung von Kohlenhydraten, die Rüben sind zuckerarm, in der Regel dabei aber reich an stickstoffhaltiger Substanz. Den Kartoffeln gleich scheinen sich alle Knollengewächse, und wie die Rüben die rübenartigen Wurzelgewächse zu verhalten. Durch die Pflanzen dieser Gruppe wird auf einer gegebenen Fläche die grösste Menge von Kohlenhydraten erzeugt. Sie machen Anspruch auf einen in jeder Beziehung nährstoffreichen Boden.

III. Phosphorsäure-Gruppe. Bei dieser läuft die ganze Vegetation auf die Entwicklung der Samen hinaus, Stengel und Blätter bleiben, was die Masse betrifft, wenig entwickelt. In den Samen gelangen Stärke und eiweissartige Stoffe in grösserer Menge zur Ablagerung. Die Wanderung der Proteinstoffe ist von einer Wanderung grösserer Mengen phosphorsaurer Salze begleitet, und beide sind so unzertrennlich mit einander verbunden, dass ohne reichliche Phosphorsäurenahrung die Samenentwicklung nicht zu Stande kommen kann. Die Phosphorsäure muss auch gleichzeitig von einer verhältnissmässig grösseren Menge Magnesia begleitet

sein, um vollkommene Samen entwickeln zu können. Wir sehen aus dieser Ursache Phosphorsäure und Magnesia in den Pflanzen dieser Gruppen in verhältnissmässig grösserer Menge auftreten, als in den Pflanzen der vorhergehenden Gruppen. Die Blätterarmuth dieser Pflanzen ist die Ursache, dass sie den Boden hinsichtlich der Stickstoffnahrung sehr stark in Anspruch nehmen; sie vermögen nicht, wie die Pflanzen der vorhergehenden und nachfolgenden Gruppen, eine grössere Menge Stickstoffnahrung bei der Verdunstung des Wassers aus den Blättern zu erzeugen und solche aus der Atmosphäre in bemerkenswerther Menge aufzunehmen.

In der grössten Menge findet sich in diesen Pflanzen Kieselsäure, so dass frühere Autoren sich veranlasst fanden, sie Kieselpflanzen zu nennen; da die Kieselsäure nach den neuesten Vegetationsversuchen nur als zufälliger Bestandtheil aufzufassen ist, so habe ich bei der Aufstellung der Gruppen keine Rücksicht auf sie genommen. Zwar ist die Gegenwart einer grösseren Menge von Kieselsäure in der Nährstoffmischung für die Pflanzen dieser Gruppe keine Nothwendigkeit, dennoch ist es nöthig, dass da, wo Kieselsäure in grösserer Menge in der Nährstoffmischung zugegen ist, sie von den Pflanzen dieser Gruppe aufgenommen wird; diese Pflanzen können das, ohne dabei Schaden zu nehmen, die Pflanzen der anderen Gruppen dürften die Kieselsäure vielleicht nicht alle so gut vertragen, z. B. Runkelrüben.

Zu dieser Gruppe haben wir die Cerealien, vielleicht mit Ausnahme des Mais; wahrscheinlich wird auch der Lein zu dieser Gruppe zu rechnen sein.

IV. Phosphorsäure-Stickstoff-Gruppe. Den Pflanzen dieser Gruppe muss eine grössere Menge Stickstoff- und Schwefelnahrung, sowie Kalk geboten sein, weil bei ihnen sich Stengel und Blatt üppig entwickeln. Viele dieser Pflanzen bedürfen indess nur in der ersten Zeit ihrer Entwicklung ein grösseres Verhältniss von Stickstoffnahrung in der Nährstoffmischung, sind sie einmal in eine üppige Entwicklung eingetreten, so entnehmen sie durch ihr grosses Blattwerk der Atmosphäre stickstoffhaltige Nährstoffe und erzeugen sie bei der Verdunstung des Wassers aus den Blättern in grösserer Menge; es bleibt diesen also nur noch die Aufnahme grösserer Mengen von Schwefelsäure und Kalk aus dem Boden übrig. Wenn das Verhältniss der Phosphorsäure und der Magnesia in der Nährstoffmischung ebenfalls ein hervorragendes ist, so ent-

wickeln sich bei den Pflanzen dieser Gruppe auch die Samen vollkommen und häufen grössere Mengen eiweissartiger Stoffe und Kohlenhydrate oder Oel in sich auf. Diese Gruppe umfasst die Hülsenfrüchte, die Oelpflanzen (Raps u. s. w.), Mais, Buchweizen, Senf. Raps, Mais, Senf verlangen während ihrer ganzen Vegetation eine phosphorsäure- und stickstoffreiche Nährstoffmischung, die Hülsenfrüchte dagegen sind hinsichtlich der Stickstoffnahrung genügsamer.

Die vorstehenden Gruppen, wenn sie einmal etwas genauer studirt sind, bezeichnen das Verhältniss der Nährstoffe in der Nährstoffmischung, welches der Boden der Pflanze bieten muss, genau genug, um daraus für die landwirthschaftliche Praxis und Gärtnerei Nutzen ziehen zu können. Kommt in einem Boden eine Nährstoffmischung zur Auflösung (mögen die Nährstoffe in die Bodenlösung aufgenommen oder auf den Bodentheilchen bloss in lösliche Form übergeführt werden), in welcher das Verhältniss des Stickstoffs und der Schwefelsäure ein vorherrschendes ist, so wird dieser Boden vorzugsweise zur Cultur der Gruppe I. geeignet sein, die Pflanzen der Gruppe III. und IV. werden sich nicht vollkommen darauf entwickeln können, die Samenbildung ist ganz oder zum Theil unterdrückt; die Pflanzen der Gruppe II. werden es nicht zu einer reichlichen Ablagerung von Kohlenhydraten bringen. Hülsenfrüchte, Cerealien u. s. w. werden als Futterkräuter reiche Erträge liefern. Fehlt in dieser Nährstoffmischung eine genügende Menge Kalk, so hat die Vegetation sehr bedeutend zu leiden, es sei denn, dass der Kalk durch Kali oder Magnesia ersetzt wird. In Gemüsegärten gedeihen oft die Blattgemüse schlecht, trotzdem der Boden überreich an stickstoffhaltiger Nahrung ist, auch Kali, Schwefelsäure u. s. w. in reichlicher Menge enthält und die physicalische Beschaffenheit nichts zu wünschen übrig lässt; in manchen Fällen wirkt eine Kalkdüngung dann ganz ausgezeichnet. Dass der Kalk hier nicht immer dadurch wirkt, dass er die in dem humusreichen Boden etwa entstandenen humosen Säuren bindet, scheint daraus hervorzugehen, dass diese Erscheinung auch in durchaus lockerem, gut durchlüftbarem Boden beobachtet wird. Es scheint vielmehr, dass dem Boden Kalk fehlt, und nicht in genügender Menge in die Pflanze eintreten kann, um die organischen Säuren zu binden.

Kommen im Boden dagegen nicht in übermässiger Menge

stickstoffhaltige Nährstoffe zur Auflösung und eine grössere Menge Kali, während der Boden auch hinsichtlich der anderen Stoffe noch reich genug ist, so eignet er sich am besten für die Pflanzen der II. Gruppe. U. s. w.

Für den practischen Landwirth muss es natürlich von Wichtigkeit sein, die Beschaffenheit der Nährstoffmischung im Boden zu erkennen und es ist dies so schwer nicht. Zunächst hat er dafür zu sorgen, dass in dem Boden lösende Agenzien in genügender Menge vorhanden sind, um die absorbirten Nährstoffe in Auflösung zu bringen; zu dem Zwecke braucht er nur den Humusgehalt des Bodens auf einer gewissen Höhe zu erhalten. Geben wir einem sogenannten abgetragenen Boden eine reichliche Stallmistdüngung, so wissen wir, welche Stoffe wir in den Boden gebracht haben, und nach der ersten Erndte wissen wir auch, wie viel und in welchem Verhältnisse die Nährstoffe im Boden zurückgeblieben sind. Bei der üblichen Düngerquantität bringen wir keine Nährstoffmischung hervor, welche den meisten Pflanzen der ersten Gruppe vollkommen entsprechen würde, mehr entspricht sie den Pflanzen der II. Gruppe; wir bauen also Kartoffeln; das Erndtegewicht sagt uns, wie viel aus dem Boden fortgegangen ist, und dass besonders das Kali in der nun vorhandenen Nährstoffmischung zurücktritt; es würde der nochmalige Anbau einer Pflanze dieser Gruppe, etwa von Runkelrüben, sich nicht lohnen, hingegen ist die Nährstoffmischung noch reich genug an Phosphorsäure, Magnesia und Stickstoff, um eine lohnende Erndte in Weizen, welcher weniger Kali bedarf, zu liefern. Hat er hingegen in die frische Düngung Raps gebaut, so entführt er in dessen Erndte dem Boden eine grössere Menge Stickstoff, Schwefelsäure, Phosphorsäure u. s. w.; die zurückbleibende Nährstoffmischung kann zwar noch hinsichtlich des Stickstoffs, der Schwefelsäure, des Kalis u. s. w. einer Pflanze der III. Gruppe entsprechen, es kann aber dann leicht die Phosphorsäure zu sehr in der Nährstoffmischung zurückgetreten sein, um noch eine reiche Weizenerndte zu liefern, und würde durch Zuführung von Phosphorsäure diesem Mangel dann leicht abzuhelfen sein. Oder es könnte dem Landwirthe, veranlasst durch günstige Handelsconjuncturen, einfallen, eine Veränderung in der Fruchtfolge eintreten zu lassen; um mit Wahrscheinlichkeit auf eine günstige Erndte rechnen zu können, wird es ihm nicht schwer werden, durch sogenannten Hülfsdünger der Nährstoff-

mischung die richtige Zusammensetzung zu geben. Selbstverständlich dürfen hierbei die anderen Grundlagen des rationellen Fruchtwechsels nicht ausser Augen gelassen werden. Ich werde später hierauf zurückkommen.

Das Vorstehende mag vorläufig genügen, um zu zeigen, dass die Kenntniss der Nährstoffmischung für den Landwirth von besonderem Vortheile ist, freilich müssen ihre Verhältnisse vorher etwas genauer erforscht werden. Bei einer genaueren Bekanntschaft mit der Nährstoffmischung und den übrigen Factoren des Fruchtwechsels und einer Buchführung über Zuführung von Nährstoffen durch Düngung und Ausführung durch Erndten würde der Landwirth viel rationeller bei dem Fruchtwechsel verfahren können, würde er vielleicht mit weniger Angst Eingriffe in die Fruchtfolge sich erlauben dürfen, wie das bisher möglich war.

Einfluss der sogenannten Imponderabilien auf die Pflanzen-Ernährung.

Wärme, Licht und Electricität spielen im Leben der Pflanze eine sehr bedeutende Rolle; ohne den passenden Grad der Wärme giebt es keine Stoffbewegung in der Pflanze, kein Leben; ohne Licht liegt die Assimilation darnieder, es werden keine organische Stoffe gebildet; wie aber die Electricität in den pflanzlichen Lebensprocessen mitwirkt, ist für uns noch ein Räthsel, und doch dürfen wir ihr mit Gewissheit eine Mitwirkung an jenen Vorgängen zuschreiben. Wärme und Licht sind Schwingungszustände (Wellenbewegungen) des Alles durchdringenden Weltäthers, über das Wesen der Electricität wissen wir nichts, wir kennen dieselbe nur aus ihren Erscheinungen. Ob auch der Magnetismus in irgend welchen Beziehungen zum Leben der Pflanze steht, ist uns gänzlich unbekannt. Hier hat die Pflanzenphysik noch ein lohnendes Feld zu ihren Forschungen. Das, was uns über die Beziehungen des Lichtes, der Wärme und Electricität zur Ernährung der Pflanze bekannt ist, will ich in den nachstehenden Capiteln darzustellen versuchen.

Die Beziehungen der Wärme zur Pflanzen-Ernährung.

Der Boden.

Bei denjenigen Pflanzen, welche sich mit der Wurzel oder mit einem Theile ihres Stengels in dem Boden befinden, wirkt die Wärme auch von diesem aus auf die Ernährungsvorgänge der Pflanze. Der Boden empfängt seine Wärme von aussen, von der Sonne nämlich, und durch eigene Wärmequellen.

Wenn die Sonnenstrahlen die Erde treffen, so erwärmt sich die Bodenoberfläche und die Wärme dringt in den Boden ein; hört die Insolation auf, so strahlt wieder Wärme aus dem Boden gegen den kalten Himmelsraum aus; besonders ist das letztere von Sonnenuntergang an der Fall. Im Winter strahlt die Erde ihre Wärme aus; kommt die Frühlingssonne, so empfängt sie mehr Wärme während der Insolation, als sie während der Nacht ausstrahlt und sie erwärmt sich wieder. Je länger die Sonne am Horizonte steht, um so mehr erwärmt sich der Boden. Es hat dann der Boden, wenn die Sonne aufgeht, noch nicht alle am vorhergehenden Tage empfangene Wärme ausgestrahlt, und zu dem verbliebenen Ueberschuss empfängt er nun neue Wärme. Je mehr der Boden aber erwärmt wird, um so tiefer dringt die Wärme ein. Im Herbste, wenn die Tage anfangen kürzer zu werden, strahlt mehr Wärme des Nachts aus dem Boden aus, als er während des Tages empfängt, die Temperatur des Bodens nimmt immer mehr ab. Diese Vorgänge haben gewisse Schwankungen in der Bodentemperatur zur Folge; an der Bodenoberfläche fällt die höchste Temperatur in den Sommer, die niedrigste in den Winter (Januar). Diese jährlichen Schwankungen erstrecken sich aber auch auf tiefere Bodenschichten und verschwinden erst in einer Tiefe von ungefähr 75 Fuss. Je tiefer die Schicht ist, um so später kommt die höchste Temperatur in ihr an. Im Sande kommt die höchste Temperatur in einer Tiefe von 3 Fuss schon Ende Juli an, von 6 Fuss Anfang September, von 10½ Fuss Mitte October und in einer Tiefe von 23½ Fuss erst am 8. Januar. Während der Herbst- und Wintermonate nimmt die Temperatur des Bodens von oben nach unten zu, in den Frühjahrs- und Sommermonaten, von April bis September, nimmt sie von oben nach unten ab.*)

Wenn dieses Gesetz im Allgemeinen auch unverändert bleibt, so ist doch die physicalische Beschaffenheit des Bodens und die Temperatur der Luftströmungen von besonderem Einflusse darauf. Wir haben hier vor Allem den Eintritt einer höheren Temperatur des Bodens im Frühjahre zu berücksichtigen, denn sobald eine gewisse Temperatur, $5^0 - 7^0$ C., im Boden eintritt, beginnt die

*) Ausführliches darüber findet man in meiner in Kurzem erscheinenden gekrönten Preisschrift: „Lehrbuch der Agriculturphysik. Band I. Physik des Bodens.“ Berlin, Wiegandt und Hempel.

Vegetationsperiode, diese kann aber je nach der Beschaffenheit des Bodens früher oder später eintreten und hängt dies wesentlich von der Erwärmungsfähigkeit des Bodens ab. Die Erwärmungsfähigkeit ist aber bedingt durch die Wärmecapacität und das Wärmeleitungsvermögen.

Im Allgemeinen lässt sich annehmen, dass ein Boden sich um so schneller erwärmt, als er weniger Wasser enthält und um so dunkler er von Farbe ist. Fast in jedem Winter oder im beginnenden Frühjahre nimmt der Boden eine grössere Menge Wasser auf; der Thonboden aber mehr wie Lehm- und Mergelboden und diese mehr wie sandige Bodenarten; der Thonboden und alle thonreichen Bodenarten lassen das Wasser langsamer verdunsten als die weniger bindigen Lehm- und Mergelbodenarten und wie humusreicher Boden, am leichtesten verdunstet das Wasser aus den sandigen Bodenarten. Demnach erwärmen sich alle, im Frühjahre viel Wasser enthaltende Bodenarten langsamer als die wasserärmeren, in jenen beginnt die Vegetationsperiode später, in diesen früher. Der Humus ist es besonders, der dem Boden eine dunklere Farbe verleiht, gleichzeitig vermehrt er aber auch die Verdunstungsfähigkeit des thonreichen Bodens und macht den Boden schon früh wasserärmer; humusreiche Bodenarten erwärmen sich deshalb frühzeitig und beginnt in ihnen die Vegetationsperiode auch schon sehr früh. Eine Ausnahme hiervon machen der Torf- und Moorboden, welche das Wasser erst sehr spät soweit verlieren, dass der Boden sich leicht erwärmen kann.

Die eigene Wärmequelle des Bodens besteht in den chemischen Processen, welche an seinen Bestandtheilen vor sich gehen. Die hauptsächlichste Wärmequelle ist aber die Zersetzung der humosen Substanzen, wobei sie in Wasser und Kohlensäure zerfallen. Diese Zersetzung erfordert eine gewisse Temperatur und Sauerstoff. Ein Boden, welcher viel Wasser enthält, ist dem atmosphärischen Sauerstoff nur wenig zugänglich, die Zersetzung des Humus ist herabgesetzt oder ganz unterdrückt; ein wasserärmerer Boden wird leicht durchlüftet und zersetzt die Humusstoffe leicht. Ein Boden, der im Frühjahr lange nass bleibt, zersetzt wenig humose Stoffe und erzeugt wenig Wärme, seine Erwärmung ist eine langsame, die Vegetationsperiode eine spät eintretende; umgekehrt ist es in Bodenarten, die im Frühjahre frühzeitig ihr Wasser soweit verlieren, dass die Luft leicht in sie eintritt.

Was die Luftströmungen betrifft, so lässt sich im Allgemeinen annehmen, dass wenn im Frühjahre kalte Nord- und Ostwinde herrschen, der Boden sich langsamer erwärmt und die Vegetationsperiode später beginnt, als wenn warme Süd- und Westwinde herrschen.

Wenn Luftströmungen nicht besonders hervortreten, so fallen Temperaturerhöhung und Temperaturabnahme der Luft, die jährlichen Temperaturschwankungen der Luft mit den Temperaturschwankungen der Bodenoberfläche zusammen; jemehr die Temperatur der Bodenoberfläche steigt oder sinkt, um so mehr steigt oder sinkt auch die Lufttemperatur.

Die niedere Wintertemperatur, die Winterkälte, ist auch von bedeutendem Einfluss auf die Pflanzenernährung. Dringt der Frost in den Boden ein, so lockert er alle schweren und stark bindigen Bodenarten, macht sie dadurch der Luft zugänglicher und wie ich früher schon mehrfach gezeigt habe, wird dann die Auflösung der mineralischen Nährstoffe befördert. Ueberhaupt scheint der Frost in jedem Boden die Auflösung der Nährstoffe zu befördern, denn wir sehen nach einem Winter, in welchem der Boden tüchtig durchfror, auch gewöhnlich reiche Erndten eintreten.

Die täglichen Temperaturschwankungen des Bodens stehen im Zusammenhange mit der täglichen Insolation und Ausstrahlung. An der Bodenoberfläche tritt die höchste Temperatur gleich nach Mittag, die niedrigste kurz vor Sonnenaufgang ein; je tiefer aber die Bodenschicht ist, um so später tritt die höchste Temperatur in ihr ein und je nachdem die Wurzeln in einer höheren oder tieferen Schicht des Bodens sich befinden, wird das spätere Eintreffen der höheren Temperatur sich auch bei der Pflanze geltend machen; so bemerken wir z. B. bei dem Bluten der Bäume im Frühjahre eine gewisse täglich zur selben Stunde wiederkehrende Periodicität; die Hainbuche beginnt mit dem Bluten des Abends um 9 Uhr, es wird am stärksten des Morgens gegen 3 Uhr, nimmt dann immer mehr ab bis Mittags 12 Uhr, zu welcher Zeit es aufhört. Diese Periodicität ist, wie ich später zeigen werde, abhängig von den täglichen Schwankungen der Bodentemperatur. Ebenso wird bei jeder Pflanze eine gewisse Periodicität in der Ernährung, besonders in der Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe durch die täglichen Schwankungen der Bodentemperatur hervorgerufen

werden, die aber nicht immer so in die Augen fallend ist wie bei dem Bluten der Bäume.

Um dem Leser einen Einblick in die Temperaturverhältnisse des Bodens während des Jahres zu geben, will ich hier einige Beobachtungen anführen. Die Tabelle A. ist von Hermann Hoffmann in Giessen beobachtet, die Tabelle B. von Decandolle.

Monate.	A. Mittlere Temperatur		B. Mittlere Temperatur			
	in 1 Fuss Tiefe des Bodens	der Luft im Schatten	der Erdoberfläche	3 Zoll unter der Oberfläche	4 Fuss unter der Oberfläche	der Luft im Schatten
Januar	—	—	+4,89°R.	+2,88°R.	+3,28°R.	+2,73°R.
Februar	—	—	6,10	3,16	2,92	2,17
März	+2,68°R.	+3,86°R.	9,42	4,97	2,72	2,71
April	7,25	6,27	20,85	12,75	7,25	8,07
Mai	10,99	10,12	21,38	14,40	10,05	10,59
Juni	13,04	11,98	25,48	18,49	13,11	12,85
Juli	15,55	14,01	27,30	18,37	14,59	13,86
August	14,00	12,58	28,44	19,95	16,27	15,01
September	10,95	10,00	22,55	16,98	15,16	13,49
October	8,05	7,05	12,36	9,93	11,90	8,81
November	1,74	3,29	6,79	5,18	7,51	4,23
December	—	—	1,44	0,57	3,09	0,03
Mittel	9,36	8,79	15,58	10,58	9,03	7,87

In der Tabelle A. wurden in den Monaten März und November die Bodentemperaturen nur Morgens 9 Uhr bestimmt, während dies in den übrigen Monaten Morgens 9 und Nachmittags 4 Uhr geschah, die Lufttemperatur durch tägliche Beobachtung um 6, 2 und 10 Uhr.

Nach der Tabelle A. ist die Temperatur in 1 Fuss Tiefe etwas höher wie die Lufttemperatur im Schatten; im Juli ist die Bodentemperatur am höchsten. Nach der Tabelle B. ist die Temperatur der Bodenoberfläche immer bedeutend höher wie die Lufttemperatur im Schatten; in 3 Zoll Tiefe verhalten sich die Temperaturen ebenso; die höchsten Bodentemperaturen fallen mit der höchsten Lufttemperatur in den August.

Nach Decandolle stieg die Bodentemperatur am 16. Juni sogar auf 54° (wahrscheinlich Celsius). Einige andere Beispiele hoher Bodentemperatur, die gleichwohl der Vegetation nicht nachtheilig waren, theils sogar für die vortheilhafte Cultur nothwendig sind, habe ich in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Ort:	Bodentemperatur:	Bemerkungen:	Beobachter:
Oay (Africa)	70°,5 C.	Boden eines Zwiebelgartens.	John Herschel.
Aegypten	56°,00—62°,25	. . . . .	Edwards et Collin.
Unter d. Tropen	52°,25—56°,7	. . . . .	Humboldt.
Frankreich	47°,75—50°	. . . . .	Arago.
Lauthoa (China)	45°	Wasser der Reisfelder.	Meyen.

Wie die Bodentemperatur von der Farbe des Bodens abhängig ist, zeigen die folgenden Beobachtungen. Humboldt fand auf der canarischen Insel Graziosa unmittelbar neben einander einen weissen und einen schwarzen Sand, der erste zeigte eine Temperatur von 40° C., der letztere von 54°,2 C.; Schübler stellte Versuche mit den verschiedensten Erdarten an, deren Oberfläche er künstlich schwarz oder weiss färbte, die weissgefärbten nahmen Temperaturen von 33°—34°, die schwarzgefärbten von 39°—41° an.

Die Pflanze.

Die Nährstoffaufnahme und die Stoffwanderung durch die Pflanze beruhen grösstentheils auf Diffusionsströmungen, diese werden aber von der Temperatur wesentlich beeinflusst; auch die Assimilation und vielleicht auch der Stoffwechsel verlangen eine gewisse Temperatur. Die von aussen oder vom Boden aus auf die Pflanze einwirkende Temperatur muss demnach die sämmtlichen Ernährungsvorgänge beeinflussen.

An einem früheren Orte (S. 51) habe ich gezeigt, dass mit dem Steigen der Temperatur die Diffusionsgeschwindigkeit und das endosmosische Aequivalent zunehmen, dass bei nullnahen Temperaturen die Diffusion oft sehr bedeutend verlangsamt wird. In der Pflanze werden diese Erscheinungen sich ebenso geltend machen wie im Experimente. Bei einer Temperatur unter 0° erstarrt die Zellflüssigkeit und es hören dann natürlich alle Diffusionsströmungen auf. Am auffallendsten tritt die Wirkung niedriger Temperaturen erst bei + 5° bis 0° C. ein und lässt sie sich bei dieser Temperatur daher am besten studiren. Wenden wir uns zunächst zur Auf-

nahme des Wassers und seiner Wanderung durch die Pflanze. Die in den Zellen enthaltenen gelösten eiweissartigen Stoffe und schleimigen Kohlenhydrate sind es besonders, die durch ihr hohes endosmosisches Aequivalent der Pflanze das Wasser zuführen und die Diffusion desselben durch die Pflanze begünstigen und dadurch den Wirkungen der Verdunstung aus den Blättern entgegenwirken. Bei nullnahen Temperaturen ist das endosmosische Aequivalent dieser Stoffe bedeutend niedriger geworden; herrscht nun im Boden eine solche Temperatur, während die Blätter noch Wasser verdunsten, so kann leicht der Fall eintreten, dass aus der Pflanze mehr Wasser fortdunstet, als die Wurzel d. h. die in ihren Zellen enthaltenen eiweissartigen Stoffe mit dem niedriger gewordenen Aequivalente, aufzunehmen vermögen; es tritt alsdann ein Welken der Pflanze ein. Theilt sich eine niedrige Lufttemperatur den oberirdischen Theilen der Pflanze mit, so wird die Wasserströmung verlangsamt, es verdunstet dann weniger Wasser aus der Pflanze, die Molecularbewegung in dem Zelleninhalte hat dann überhaupt an Lebhaftigkeit abgenommen.

Eine auf diesen Gegenstand bezügliche experimentelle Arbeit hat uns Julius Sachs geliefert.*) „Im Winter 1859 — 1860, so sagt er darüber, hatte ich Gelegenheit zu sehen, welch nachtheiligen Einfluss eine Temperatur von + 4° R. und darunter auf vegetirende Pflanzen von Tabak, Kürbis, Schminkbohnen ausübt, wenn sie längere Zeit anhält. Wenn die Luftwärme auf + 4° gesunken ist, so fangen die Blätter dieser Pflanzen an so stark zu welken, dass sie nach einigen Stunden wie nasses Zeuch herabhängen. Ich habe mich überzeugt, dass bei Tabak diese Erscheinung beinahe genau bei + 4° eintritt. — — — Durch sehr einfache und öfter wiederholte Versuche habe ich mich davon überzeugt, dass die Erschlaffung der Blätter von Tabak und Kürbis bei + 4° durch Störung in der gewohnten Wurzelthätigkeit hauptsächlich verursacht wird. Die Affection der Blätter tritt nämlich nur dann ein, wenn die Wurzeln bis auf + 4° abgekühlt sind; sie hören dann auf, Wasser aufzunehmen, selbst wenn der Boden damit gesättigt ist. Wenn ich die Erde mit den Wurzeln unter den nöthigen Vorsichtsmaassregeln erwärmte, während die erschlafften Blätter in der Luft von + 4° R. blieben, so verschwand

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band II. S. 195.

nach einer oder einigen Stunden das welke Aussehen, die Blätter wurden vollkommen straff und frisch; wenn dagegen die Blätter sich in warmer Luft befanden und die Wurzeln auf + 4° abgekühlt wurden, so trat in kurzer Zeit die Affection der Blätter ein, sie hingen welk und schlaff herab." Soweit Julius Sachs. Die Ursache dieser Erscheinungen liegt auf der Hand: durch die niedere Temperatur in dem Boden und in den Wurzeln ist das endosmosische Aequivalent der im Zellsaft der Wurzelzellen gelösten Stoffe, vorzüglich der eiweissartigen, kleiner, in Folge dessen weniger Wasser in die Wurzel und in die Pflanze eingeführt wird als durch die Blätter verdunstet.

Diese Versuche zeigen recht deutlich, in welchen Beziehungen die Temperatur zur Wasserströmung und überhaupt zu den Diffusionsströmungen steht. Wenn im Herbste die Temperatur des Bodens sinkt, so wird die Wasseraufnahme in den Wurzeln geringer, dauert dann die Verdunstung aus den Blättern noch fort, so wird die Pflanze welken und durch längeres Welken gehen zunächst die Blätter zu Grunde, wodurch dann die Assimilationsthätigkeit der Pflanzen aufhört. Ist aber die Luft feucht und kalt, so ist auch die Verdunstung eine geringere und das in die Wurzeln eintretende Wasser kann genügen, um das verdunstende zu ersetzen; die Pflanze hält sich dann in der Regel länger, wenn nicht andere Einflüsse den Tod derselben oder den Tod einzelner Organe herbeiführen.

Den Winter über ist die Wasseraufnahme aus der vorhin geschilderten Ursache eine geringe. Sobald aber höhere Temperatur in den Boden eindringt, steigt das endosmosische Aequivalent der eiweissartigen und ähnlich wirkenden Stoffe in den Wurzelzellen und es treten grössere Mengen von Wasser in die Pflanzen ein, gleichzeitig ist gewöhnlich auch die Lufttemperatur eine höhere und theilt sich den oberirdischen Organen der Pflanze mit, wodurch in diesen ebenfalls die Diffusionsströmungen thätiger werden: kurz bei den perennirenden Gewächsen beginnt die Vegetation von Neuem. Das in die Pflanze in grösserer Menge eindringende Wasser wird von den Zellen der Knospen aufgenommen, diese schwellen an, die Knospen dehnen sich aus, sie wachsen, sprengen ihre Hüllen und es entfalten sich die Blätter und Blüthen, während die Terminalknospen ebenfalls durch Wasseraufnahme ihrer Zellen sich ausdehnen und das erste Wachsen der Axenenden hervorrufen.

Gleichzeitig löst das eindringende Wasser die Reservestoffe auf und die Wanderung derselben nach den Knospen beginnt.

Je früher in einem Boden die höhere Wärme eintritt, um so eher beginnt in seinen Gewächsen diese erste Vegetationsthätigkeit.

Auf dieselbe Weise wirkt die Temperatur auf den Eintritt der Nahrungsstoffe in die Pflanze. Durch das Steigen der Temperatur in der Pflanze und in dem Boden wird auch diejenige Diffusionsströmung, in welcher sich die gelösten Stoffe bewegen, quantitativ stärker, d. h. in einer Zeiteinheit tritt bei einer höheren Temperatur eine grössere Menge anorganische Nahrung in die Pflanze ein und diese Stoffe bewegen sich schneller den Assimilationsorganen oder dem Orte ihrer Wirksamkeit zu als bei niedrigerer Temperatur. Wenn man sich den früher (S. 50) mitgetheilten Versuch über die Einwirkung verschiedener Temperaturen auf die Diffusion der Oxalsäure noch einmal vor Augen führt, so wird man den mächtigen Einfluss der Temperatur auf die Einführung der Nährstoffe in die Pflanze und die Verbreitung dieser und der organischen Stoffe in der Pflanze leicht begreifen. Bei der Oxalsäure traten aus gleich concentrirter Lösung in Einer Stunde bei 32° C. 26 Milligramme Säure mehr über zum Wasser als bei 20° und bei dieser Temperatur 18 Milligramme mehr als bei 13° C. Jemehr sich aber die Temperatur 0° nähert, in um so grösserem Verhältnisse nimmt die Diffusionsgeschwindigkeit ab, d. h. um so weniger diffundirt in einer Zeiteinheit aus gleich concentrirter Lösung zum Wasser.

Während des Winters ist der Uebertritt von Nährstoffen in die Pflanze und ihre und der organischen Stoffe Wanderung durch die Pflanze unbedeutend; im Frühjahre bei dem Eintritte einer höheren Temperatur in Luft und Boden beginnt die Diffusion und Wanderung dieser Stoffe lebhafter zu werden und steigt um so mehr, d. h. es werden um so mehr Stoffe in die Pflanze eingeführt, als die Temperatur höher wird. Mit dem Abnehmen der Temperatur im Herbste und Winter nehmen auch diese Erscheinungen wieder ab, so dass schliesslich nur wenig Stoffe mehr in die Pflanze eintreten, und die Bewegung der Stoffe durch die Pflanze eine langsamere wird.

Sobald die Temperatur im Boden steigt, fängt auch die Zersetzung der humosen Substanzen an mehr Kohlensäure zu liefern; in Folge dessen werden die Nährstoffe des Bodens in grösserer

Menge gelöst und in grösserer Menge der Pflanze zur Aufnahme dargeboten. Diese Vorgänge steigen allerdings nur bis zu einem gewissen Grade verhältnissmässig mit der Temperatur, sie nehmen aber an Lebhaftigkeit ab, wenn die Temperatur des Bodens sinkt, derselbe viel Wasser aufnimmt und wenig verdunstet, wie gewöhnlich im Spätherbste und Winter.

Die Assimilation erfordert jedenfalls auch eine gewisse Temperatur, doch wissen wir bis jetzt noch wenig über die Beziehungen beider zu einander. Cloez und Gratiolet fanden bei Wasserpflanzen, dass die Kohlensäurezersetzung bei 15°—20° C. am lebhaftesten war, von 15°—10° nahm sie bedeutend ab, unter 10° schien bei den untersuchten Pflanzen keine oder nur schwache Kohlensäurezersetzung stattzufinden. Die Kohlensäurezersetzung ist nun gleichbedeutend mit Assimilation derselben und dürfen wir auch für die Assimilation der übrigen Stoffe die obigen Temperaturen als die günstigsten ansehen. Unzweifelhaft liegen die Temperaturgrenzen, bei welchen noch Assimilation stattfinden kann, viel weiter auseinander als in der oben angeführten Untersuchung. Gewisse untergetauchte Wasserpflanzen zersetzen noch Kohlensäure bei einer Temperatur von 5° C., denn die Luft, welche sich oft unter der Eisdecke im Winter ansammelt, ist viel sauerstoffreicher als die gewöhnliche Luft des Wassers und hat das seine Ursache gewiss in der Zersetzung der Kohlensäure durch die Wasserpflanzen. Bei den tropischen Gewächsen muss die Assimilation über 20° stattfinden, denn das Gewebe der Blätter besitzt eine höhere Temperatur. Vielleicht ist 20° C. diejenige Temperatur, bei welcher die Assimilation am lebhaftesten ist.

Aehnlich wird sich auch die Temperatur zum Stoffwechsel, zur Umwandlung der organischen Stoffe verhalten und spielt hier die Temperatur vielleicht eine grössere Rolle als wir vermuthen.

Die Vegetationserscheinungen sind an gewisse Temperaturgrenzen gebunden, steigt die Temperatur darüber hinaus, so hört die Pflanze auf zu vegetiren. Diese Grenzen sind aber je nach der Art oder Varietät verschieden. Unter der unteren Grenze werden der Pflanze keine Stoffe oder nicht mehr in genügender Menge zugeführt, die Assimilations- und Stoffwechselprocesse liegen darnieder. Geht die Temperatur über die obere Grenze hinaus, so wird vielleicht auch die Assimilation gestört, hauptsächlich aber leidet die Pflanze durch zu starke Verdunstung des

Wassers aus ihr. Bei der höchsten Sommertemperatur ist gewöhnlich die Atmosphäre sehr weit von ihrem Sättigungspunkte entfernt, d. h. sie vermag sehr viel Wasserdunst aufzunehmen; die Folge davon ist eine starke Verdunstung des Wassers aus der Pflanze. In der Regel ist um diese Zeit auch der Boden wasserarm und vermag das aus der Pflanze fortgedunstete Wasser nicht mehr zu ersetzen. Es muss nun eine Concentrirung des Zelleninhaltes zunächst in den Blättern, dann aber auch in der ganzen Pflanze eintreten, und wird diese Eindickung des Zelleninhaltes gewiss viele Vorgänge hervorrufen, die im normalen Leben der Pflanze eine wichtige Rolle spielen, besonders bei dem Reifen. So können wir uns denken, dass durch sie der Stoffwechsel eine eigenthümliche Richtung erhält, dass Ausscheidungen organischer Stoffe, der Stärke z. B. in Körnerform, des Eiweisses in unlösliche Form, in verstärktem Maasse stattfinden; vielleicht begünstigt sie die Cellulosebildung und Abscheidung derselben auf die innere Wand der Zellenmembran, wodurch deren Incrustation, d. h. die Ablagerung von verhältnissmässig dicken Zellstoffschichten, hervorgerufen wird. Ist die Zellenwandverdickung eine allgemeine, werden die Parenchymzellen stärker verdickt, verwandeln sich die im Cambiumringe der Axe neugebildeten Zellen schnell in wanddicke Gefässzellen oder Holzzellen, so muss natürlich die Stoffwanderung beschränkt werden; es scheint sogar die Zellenvermehrung durch Eindickung des Zellensaftes aufgehoben zu werden. Mit diesen Vorgängen hört die Lebensthätigkeit der Pflanze auf, die Folge davon ist der Tod der Pflanze.

Die Summe aller Einwirkungen der Wärme auf die Pflanze zwischen den Vegetationstemperaturgrenzen giebt sich im Wachsthum der Pflanze kund. Bei höherer Wärme werden die Pflanzen schneller wachsen als bei niedrigerer Temperatur, weil die Ernährungsvorgänge bei höherer Temperatur lebhafter von Statten gehen. Je höher die Temperatur ist, um so schneller sind die Diffusionsströmungen und Stoffwanderungen in der Pflanze und durch die Pflanze; um so mehr Nährstoffe werden der Pflanze zugeführt, um so mehr verdunstet sie Wasser aus den Blättern und um so mehr salpetrigsaures Ammoniak wird auf den Blättern erzeugt, welches als wichtigster Nährstoff sofort assimilirt wird; überhaupt bedingt die Gegenwart einer grösseren Menge Nahrungsstoffe eine quantitativ vermehrte Assimilation, die Gegenwart einer

grösseren Menge organischer Bildungsstoffe und die schnellere Wanderung derselben wird die Vermehrung der Zellen in den fortbildungsfähigen Organen ebenfalls beschleunigen, damit ist aber auch das Wachsthum ein schnelleres, sowohl der Wurzel als der oberirdischen Organe der Axe, der Blätter, und das Blühen wird früher eingeleitet u. s. w.

Man kann annehmen, dass die Pflanze zu ihrer Entwicklung von dem Beginn der Keimung oder von der ersten Stoffbewegung in der Wurzel bei perennirenden Gewächsen bis zur Blüthe oder Fruchtreife eine bestimmte Menge Wärme nöthig hat; ist die Temperatur höher, so wird diese Wärmemenge in kürzerer Zeit, ist sie niedriger, in längerer Zeit geliefert, und damit im Zusammenhange steht die Schnelligkeit der Entwicklung. Diese Wärmemenge ist jedoch je nach der Art oder Varietät verschieden, die eine braucht mehr, die andere weniger. Man hat vielfach versucht, diese Wärmemenge für Pflanzen zu bestimmen, indem man die Anzahl der Tage von dem ersten frostfreien Tage oder von der Saat bis zum Blühen oder bis zur Reife mit der mittleren Tagestemperatur der Vegetationsmonate multiplicirt. Boussingault giebt für einige der wichtigsten Culturpflanzen folgende Zahlen.

Als Anfangspunkt ist die Zeit des Aufhörens der Fröste, die je nach der Gegend verschieden ist, genommen, oder in höheren Breiten und bei Sommerfrüchten die Saat; als Endpunkt die Erndte. Product aus der Anzahl der Vegetationstage und der mittleren Temperatur ist das Wärmebedürfniss der Pflanzen.

Ort: Weizen.	Vegetationstage.	Mittlere Temperatur:	Product:
Elsass (Winterweizen)	137	15^0	2055
„ (Sommerweizen)	131	$15^0,8$	2069
Paris (Winterweizen)	160	$13^0,4$	2161
Alais	146	$14^0,4$	2092
Kingston[1]) (Winterweizen)	122	$17^0,2$	2098
„ (Sommerweizen	106	20^0	2120
Cincinnati[1]) „	137	$15^0,7$	2151
Zimijaca[2]) „	147	$14^0,7$	2161
Quinchuqui[2]) „	181	14^0	2534
Turmero[2]) „	92	24^0	2208

[1]) Nordamerika; [2]) zwischen den Wendekreisen.

Ort:	Vegetationstage.	Mittlere Temperatur:	Product:
Truxillo [1]) „	100	22°,3	2230
Mühlhausen [2]) (Winterweizen)	176	11°,14	1960
Gerste.			
Elsass (Wintergerste)	122	14°	1748
„ (Sommergerste)	92	14°	1708
Alais (Wintergerste)	137	13°,1	1795
Mühlhausen (Sommergerste)	114	15°,5	1790
Egypten „	90	21°	1890
Kingston „	92	19°	1738
Cumbal [3]) „	168	10°,7	1796
Santa Fé [4]) „	122	14°,7	1793
Kartoffeln.			
Elsass	183	18°,2	2944
Alais	153	21°,1	3228
Mühlhausen	133	15°,56	2078
Venezuela [5])	120	25°,5	3060
Merida [6])	137	22°	3060
Santa Fé	200	14°,7	2930
Antisana [7])	276	11°	3036
Cambugan [8])	330	9°,5	4142
Pusuqui [9])	200	15°,5	3180

Für nördlicher gelegene Gegenden und unter gemässigten Breiten stellt Schleiden folgende Beobachtungen in Bezug auf Kartoffeln zusammen.

Jahr:	Ort:	Vegetationstage.	Mittlere Temperatur.	Product:
1838	bei Kopenhagen	124	13°,02 R.	2016° C.
1841	„ „	147	12°,10	2224
1842	„ „	166	11°,73	2434
1847	„ Wernigerode	168	12°,76	2680
„	„ Mühlhausen	133	15°,56	2586

---

[1]) Zwischen den Wendekreisen; [2]) Thüringen; [3]) unter dem Aequator, bei bedeutender Höhe über dem Meere; [4]) Hochebene von Neugranada; [5]) Südamerika; [6]) Cordilleren; [7]) unter dem Aequator; [8]) ebendaselbst, höher liegend wie 7; [9]) in derselben Gegend wie 8, aber viel tiefer liegend. Bei 8 blieben die Kartoffeln 11 Monate im Boden.

Wenn man bedenkt, wie unsicher bei allen diesen Beobachtungen der Anfangs- und Endpunkt der Vegetation der Pflanzen bestimmt ist, so können uns die oft grösseren Schwankungen nicht abhalten, ein allgemeines Gesetz anzunehmen; es stimmen die Zahlen genugsam überein. Aber auch das Licht übt auf die quantitative Grösse der Assimilation einen sehr bedeutenden Einfluss und ist somit das Wachsthum auch davon abhängig; dieses Moment aber müsste bei der Bestimmung der zur Entwicklung einer Pflanze nöthigen Wärmemenge mit in Betracht gezogen werden. In höheren Breiten, wo die Sonne länger am Horizonte steht, wird die Vegetation offenbar eine kürzere sein, als da, wo die Tage kürzer sind. Wenn man indess bedenkt, dass mit einem längeren Stande der Sonne die der Pflanze gelieferte Wärmemenge auch eine grössere und die mittlere Tagestemperatur eine höhere ist und in die Berechnung der Wärmemenge die Stärke der Insolation eingeschlossen ist, so möchte man die besondere Einführung des Lichtfactors nicht gerade als durchaus nöthig halten. Von dem längeren Stande der Sonne am Horizonte, von der Stärke der Insolation, ist die Temperatur abhängig; wo die Insolation stärker ist, da ist auch die mittlere Temperatur eine höhere; führe ich nun eine höhere mittlere Tagestemperatur in die Rechnung ein, so habe ich damit den Wärmeeffect des Lichtes fixirt, gleichzeitig aber auch den chemischen Effect des Lichtes, weil mit der Stärke der Insolation die chemische Wirkung des Lichtes sich in nahem Verhältnisse zeigt. Je senkrechter die Sonnenstrahlen auffallen, um so mehr erwärmen sie, um so höher ist aber auch ihre chemische Wirkung. In gleicher Höhe über dem Meere würde die Vernachlässigung des Lichtes oder seiner chemischen Wirkung, welche eben die Ursache der Assimilation ist, vielleicht ohne grossen Fehler bei der Berechnung der zur Entwicklung einer Pflanze nöthigen Wärmemenge zulässig sein; bei verschiedener Höhe dürfte dies aber weniger der Fall sein, weil in einer grösseren Höhe die mittlere Temperatur herabgedrückt wird, dabei jedoch die chemische Wirkung des Lichtes in einem anderen Verhältnisse verändert werden kann. Die erwärmende Wirkung nimmt mit der Höhe ab; dagegen empfangen die Pflanzen, je näher dem Aequator, um so mehr Licht, und was die Höhe betrifft, so mag durch längere Insolation die verminderte chemische Wirkung des Lichts gegenüber aequatorfernen Breiten ausgeglichen werden.

Von nicht minder beachtenswerthem Einfluss ist die Bodenfeuchtigkeit; wenn ein Boden nicht Feuchtigkeit genug besitzt, so werden die Pflanzen trotz genügender Wärme und Licht nicht so stark wachsen, wie bei gehöriger Feuchtigkeit. Es mag sich daraus auch erklären, dass die in obigen Tabellen mitgetheilten Zahlen der Wärmemenge in südlichen Gegenden immer grösser sind als in nördlichen, besonders auffallend tritt dieses bei der Kartoffel hervor; in südlichen wärmeren Gegenden enthält der Boden gewöhnlich weniger Wasser wie in nördlichen Gegenden.

Quetelet machte den Vorschlag, das Quadrat der mittleren Temperatur mit der Anzahl der Vegetationstage zu multipliciren, und glaubte, dass dadurch die das Wärmebedürfniss repräsentirende Zahl der Wirklichkeit näher komme, und scheint dies auch der Fall zu sein. Quetelet giebt zum Beweise folgende Beobachtungen an spanischem Hollunder, Nägelchen (Syringa vulgaris).

Das Eintreten der Blüthe von Syringa vulgaris:

Jahr:	Erster frostfreier Tag.	Bestimmt durch die Summe der mittleren Temperaturen.	Bestimmt durch die Summe der Quadrate der mittleren Temperaturen.	Beobachtet:
1839	14. März.	10,5 Mai.	9,3 Mai.	10. Mai.
1840	3. „	4,0 „	2,2 „	28. April.
1841	2. „	23,5 April.	23,0 April.	24. „
1842	27. Januar.	22,5 „	27,3 „	28. „
1843	25. „	19,5 „	19,7 „	20. „
1844	25. „	22,0 „	23,5 „	25. „
	Im Mittel	27,0 „	27,5 „	27,5 „

Diese Zahlen beweisen, dass die Berechnung des Wärmebedürfnisses durch die Quadrate der mittleren Temperaturen sich der Wirklichkeit am meisten nähert, zugleich zeigen sie aber auch, wie übereinstimmend das Wärmebedürfniss sich ergiebt, wenn die Anfangs- und Endpunkte genauer bestimmt werden.

Einen genaueren Ausdruck für das Wärmebedürfniss soll nach Hermann Hoffmann*) die Einführung der mittleren Boden-

*) Witterung und Wachsthum oder Grundzüge der Pflanzenklimatologie. Leipzig 1857

temperatur in die Rechnung, statt der Lufttemperatur geben; es ist dies auch leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dass die Bodentemperatur ein genauerer Abdruck der Insolation ist und ein grosser, vielleicht der grösste Theil der Ernährungserscheinungen, der Zuführung von Stoffen, vom Boden aus wirkt.

Für die verschiedenen Perioden der Pflanzenentwicklung ist das Wärmebedürfniss ein verschiedenes und eine genauere Kenntniss dieser Verhältnisse ist von grösserem Interesse für die Pflanzencultur, wie die Kenntniss des Gesammt-Wärmebedürfnisses. Aber über die ersteren Verhältnisse wissen wir noch weniger wie über die letzteren. Als Perioden lassen sich folgende unterscheiden: Keimung, von der Ausbildung des ersten Blattes bis zur Blüthe, von der Blüthe bis zur Fruchtreife; bei perennirenden Gewächsen ist die erste Periode die Entfaltung der Knospen oder Sprossen, vom ersten frostfreien Tage bis zur vollständigen Ausbildung des Blattes; bei nicht blühenden Pflanzen ist die letzte Periode die der Reservestoffansammlung von der Ausbildung der Pflanze bis zum Blattverwelken (Runkelrüben). Göppert hat für Breslau das Wärmebedürfniss der verschiedenen Perioden für einige Pflanzen bestimmt, welche in der nebenstehenden Tabelle zusammengetragen sind.

Die erste Periode in diesen Beobachtungen hat gar nichts Zuverlässiges, weil der Anfangspunkt ein rein willkürlicher ist; der erste frostfreie Tag kann vor und nach dem 1. März fallen, und wird dadurch das Wärmebedürfniss sich wesentlich anders gestalten. Die Zahlen der zweiten und dritten Periode, welche als ziemlich zuverlässig angesehen werden können, geben hingegen sehr interessante Resultate, man sieht, wie manche Pflanzen sehr rasch zur Blüthe kommen, aber sehr langsam ihre Früchte reifen, wie Pflaumen und Aepfel, andere dagegen verhältnissmässig viel mehr Wärme zur Blüthenentwicklung als zur Ausbildung der Frucht in Anspruch nehmen, wie Himbeere und Linde. Fruchtreife ist bei allen zuckerablagernden Pflanzen sehr relativ, eine solche Frucht, z. B. die Weinrebe, kann im reifen Zustande viel oder wenig Zucker gebildet haben. Man kann bei diesen Pflanzen als allgemeinen Satz annehmen, dass die Früchte um so zuckerreicher werden, je mehr Wärme sie, bis zu einem Grade jedoch nur, in der letzten Periode der Fruchtreife empfangen. So führt Göppert in seiner Tabelle den Weinstock mit einem Wärmebedürfniss in

Wärmebedürfniss in verschiedenen Perioden.

Pflanzen.	Vom Aufhören der Fröste am 1. März bis zum Ausschlag.			Vom Ausschlag bis zur Blüthe.			Vom Blühen bis zur Fruchtreife.			Von der Fruchtreife bis zum Blattfall.		
	Tage.	Mittlere Temperatur der Tage.	Product = Wärmebedürfniss.	Tage.	Mittlere Temperatur der Tage.	Product = Wärmebedürfniss.	Tage.	Mittlere Temperatur der Tage.	Product = Wärmebedürfniss.	Tage.	Mittlere Temperatur der Tage.	Product = Wärmebedürfniss.
Pflaumen . .	57	+ 5,22°	297,5	6	+ 3,83°	23,0	119	+ 11,30°	1344,17	63	+ 9,16°	577,1
Sauerkirschen	53	5,02	266,1	10	4,82	48,2	63	9,99	629,4	119	12,15	1445,8
Aepfel . . .	53	5,02	266,1	10	4,82	48,2	103	11,23	1156,7	71	10,50	745,5
Quitte . . .	57	5,22	297,5	42	7,75	325,5	115	12,82	1474,3	40	4,60	184,0
Stachelbeere .	28	— 0,27	—	20	6,68	133,6	78	8,92	695,8	119	12,15	1445,8
Johannisbeere	28	— 0,27	—	24	6,79	163,0	66	8,59	566,9	136	11,91	1619,8
Himbeere . .	47	+ 3,87	181,9	42	7,78	326,8	27	13,08	353,2	128	11,39	1457,9
Rosskastanie .	47	3,87	181,9	28	6,95	194,6	123	11,56	1422,0	47	7,91	371,8
Wallnuss . .	61	5,04	307,4	70	7,17	501,9	127	11,63	1477,0	29	8,62	250,0
Weinstock . .	64	4,97	318,1	55	9,54	524,7	79	15,44	1219,8	32	8,62	275,8
Sommerlinde .	56	5,22	297,5	70	9,16	641,2	55	13,81	759,5	55	9,84	541,2

der Reifungsperiode auf, welches viel niedriger ist wie bei manchen anderen Früchten; nun mögen die Trauben reif gewesen sein, es soll aber, wie man hört, der schlesische Wein etwas anderes als ein berauschendes Getränk sein, was man doch von einem guten Weine verlangt; er empfing nicht Wärme genug, um seinen Zuckergehalt möglichst zu vermehren. Bei derartigen Pflanzen dauert die Kohlenhydrat- und besonders Zuckerbildung so lange fort, bis die Temperatur bis zu einem gewissen niedrigen Temperaturgrade gesunken ist. Die Weintraube vermehrt ihren Zuckergehalt noch, wenn Nachts sich schon Fröste zeigen, die Tage aber sonnig sind. Diese Zuckervermehrung mag nun nicht gerade auf die Kohlenhydrat- oder Zuckerbildung zurückgeführt werden können, sondern vielmehr durch eine Wanderung des Zuckers oder zuckerbildender organischer Stoffe aus dem Stamme in die Beere verursacht sein, aber auch hierzu ist Wärme nöthig, weil die Diffusionsströmungen unter deren Einfluss stehen, und um so stärker oder schneller sind, als die Temperatur des Stammes höher ist. Es ist demnach klar, dass die Zuckeransammlung in den Beeren durch höhere Temperatur in der letzten Zeit der Reifungsperiode nur befördert wird. Wir haben dabei aber hauptsächlich das Maximum der Tagestemperatur zu beachten: die stärkere Insolation während des Tages dringt schnell in den Stamm ein und befördert die Diffusionsströmung des Zuckers nach der Traube; sinkt die Temperatur des Nachts, so wird die Zuckerwanderung zwar wieder verlangsamt, wird jedoch bei der stärkeren Insolation während des folgenden Tages wieder lebhafter werden. Die nächtlichen Reife und selbst gelinde Nachtfröste schaden nicht, denn, mögen sie auch die Vegetationsthätigkeit hinsichtlich der Ernährung und Assimilation hemmen, selbst die Blätter tödten, so geht doch die Wanderung des Zuckers, vielleicht auch die Umbildung eines anderen organischen Stoffes in Zucker, wenn während des Tages die Bedingung zu einer lebhaften Diffusion im Stamme gegeben ist, weiter.

Die Zuckerrübe verhält sich gewiss der Weinrebe ähnlich; auch bei ihr wird die Zuckerwanderung aus den Blättern noch lange fortdauern, wenn die übrige Vegetationsthätigkeit schon gelähmt ist. Der Rübenbauer wird jedenfalls gut thun, wenn er in trocknen und sonnigen Herbsten die Rüben möglichst lange auf dem Felde lässt, und die noch immer kräftige Insolation während des Tages benutzt, um die letzten Antheile des Zuckers aus den

Blättern in die Rübe diffundiren zu lassen; mögen auch die Blätter bereits durch Nachtfröste gelitten haben, sie geben jedenfalls aber noch Zucker ab. Ich kann in dieser Beziehung nur Versuche empfehlen.

Von besonderem Interesse muss es für den Landwirth sein, die Wärmemenge zu kennen, welche zur Keimung der Samen der Culturgewächse nothwendig ist. Es ist bekannt, dass Samen in einem feuchten Boden, wenn sie in einer gewissen Zeit nicht zur Keimung gelangen, faulen und zu Grunde gehen. Kennt er aber die Wärmemenge, die zur Keimung nöthig ist, und die Anzahl der Tage, welche ein Same ungekeimt oder doch sehr langsam keimend im Boden liegen darf, ohne gefährdet zu sein, so wird er bei Beachtung der mittleren Bodentemperatur seines Wohnortes die richtigste Zeit der Saat am besten bestimmen können. In erster Beziehung hat Haberlandt eine Reihe Versuche angestellt, die interessant genug sind, sie hier aufzuführen.

Die Versuche wurden in Localitäten angestellt, welche constant nahezu je eines die Mitteltemperatur des Monates März, April, Mai und Juni hatte. Sämmtliche Samen wurden vor der Saat im Wasser von entsprechender Temperatur eingequellt und der Versuch beendet, sobald das Würzelchen sichtbar wurde. (Siehe umstehende Tabelle.)

Uebereinstimmende Resultate geben diese Versuche nicht, wenn man sie hinsichtlich der zu ihrer Keimung nöthigen Wärmemenge (Product aus der Zahl der Tage und der mittleren Temperatur) betrachtet; bei wenigen Samen nur zeigen die verschiedenen Temperaturen ein gleiches Product; bei den dünnsamenschaligen Samen, besonders beim Getraide giebt sich eine Zunahme der Wärmemenge bei höherer Keimungstemperatur kund; bei den dick- und hartsamenschaligen und bei solchen, deren Eiweiss fest und knorpelig, ist dagegen eine Abnahme ersichtlich — Tabak, Zuckerrüben, Hirse u. s. w. —. Die dünnschaligen Samen nehmen bei höherer Temperatur mehr Wärme in Anspruch als bei niedriger Temperatur, ein Ergebniss, welches auch Hermann Hoffmann fand; es dürften diese Verhältnisse aber wohl richtiger durch die Verschiedenheit in dem Verhältnisse der Temperaturzunahme und der Diffusionsschnelligkeit zu deuten sein.

Die Keimung erfolgte in Tagen bei

Samen.	3°,76	8°,36	12°,49	14°,8
Winterweizen	6	3	2	1¾
Sommerweizen	6	4	2	1¾
Winterroggen	4	2½	1	1
Sommerroggen	4½	2	1½	1
Wintergerste	6	3	2	1¾
Sommergerste	6	3	2	1¾
Hafer	7	3¾	2¾	2
Zuckermoorhirse	—	25	7¼	6
Mais	—	11¼	3¼	3
Hirse	—	13¼	3¼	3
Rothklee	7½	3	1¾	1
Bohnen (Phaseolus)	—	8	3	2¾
Erbsen	5	3	1¾	1¾
Linsen	6	4	2	1¾
Wicken	6	5	2	2
Raps	6	2	1	1
Stoppelrüben	8	4	2	1¾
Gartenkresse	9½	3	2¾	2¼
Lein	8	4½	2	2
Mohn	10	4¾	2½	2
Tabak	—	31	9	6¼
Zuckerrüben	22	9	3¾	3¾
Hanf	3	2	1	1
Sonnenblumen	—	25	3	2

Wie ich früher (S. 51) gezeigt habe, nimmt die Diffusionsschnelligkeit der gelösten Stoffe und des Wassers zu Eiweiss und anderen colloiden Substanzen in einem niedrigern Verhältnisse zu, wie die Temperatur; verhalten sich z. B. die Temperaturzunahmen wie 1 : 3 : 5, so wird die Diffusion nicht in diesem Verhältnisse auch an Geschwindigkeit zunehmen, sondern in einem kleineren Verhältnisse etwa wie 1 : 2 : 3. Die Keimungsvorgänge bestehen nun zum Theil in Diffusionsströmungen der gelösten Stoffe und des Wassers aus einem Organ in's andere; und es würde sich dadurch erklären lassen, dass zu dem Verlaufe der Keimungsprocesse eine

grössere Wärmemenge bei höherer Mitteltemperatur gebraucht wird wie bei einer niedrigeren Mitteltemperatur. Es kann gleichzeitig aber auch bei den höheren Temperaturen mehr Wasser aus dem Samen fortgedunstet sein als bei niedriger Temperatur und bei der Keimung nicht in genügender Menge Wasser in dem Samen zugegen gewesen sein.

Auch bei dem Wachsthum der Pflanze macht sich das verschiedene Verhältniss der Temperaturzunahme und der Diffusionsgeschwindigkeit gewiss mit geltend. Wir haben in den vorstehenden Tabellen gesehen, dass in den Gegenden mit höherer Mitteltemperatur die zur Entwicklung nöthige Wärmemenge eine grössere war, wie in Gegenden mit niedrigerer Mitteltemperatur.

Die Abnahme der Wärmemenge bei den hartschaligen Samen in der vorstehenden Tabelle ist wahrscheinlich nur eine scheinbare und dadurch erzeugt, dass die Aufweichung der Schale bei höherer Temperatur schneller von Statten geht als bei niedrigerer Temperatur.

Wenn nun auch die vorstehenden Untersuchungen über Wärmebedürfniss und periodische Vertheilung der Wärme über die Vegetationsperiode keine zuverlässigen Resultate geben und nicht geeignet sind, allgemeine Gesetze zu entwickeln, so zeigen sie doch, dass diese Verhältnisse allgemeinen Gesetzen unterworfen sind, dass jede Pflanze ein bestimmtes Wärmebedürfniss hat und dass ihr in jeder Lebensperiode eine bestimmte Menge Wärme geboten werden muss, um ihre Entwicklung in vollkommener Weise durchzumachen. Correctere Untersuchungen besonders in Bezug auf unsere Culturpflanzen sind nöthig und werden für manche Pflanzen auch von praktischem Nutzen sein. Vor Allem ist es nöthig, die Anfangs- und Endpunkte festzustellen und die einzelnen Perioden zu begrenzen. Die Mitteltemperatur des Bodens in jener Tiefe, in welcher die Wurzeln sich hauptsächlich verbreiten, muss wenigstens für die ersten Monate der Vegetationsperiode eben sowohl bestimmt werden als die mittlere Lufttemperatur, dabei müssen die Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse ihre gebührende Berücksichtigung finden. Die Wärmemenge und Wärmevertheilung kann nur an solchen Orten mit einander verglichen werden, welche eine nahezu gleiche mittlere Monatstemperatur haben und in nicht zu sehr verschiedener Höhe über dem Meere liegen. Die Feststellung der theoretischen Wärmemenge und Wärmevertheilung geschieht am

besten an ein und derselben Localität in verschiedenen Jahren. Ein und dieselbe Pflanze hat bei verschiedenen monatlichen Mitteltemperaturen verschiedene Wärmebedürfnisse; es ist dies wohl zu berücksichtigen, da die darauf bezüglichen Differenzen für weit auseinanderliegende Mitteltemperaturen sehr beträchtlich werden können. Die Beobachtungen sollen immer nur an einzelnen Pflanzen gemacht werden, wobei dann das Mittel aus einer gewissen Anzahl von Pflanzen als zuverlässiger Werth anzusehen ist. Bei einem Weizenfelde würde es schwer sein, den Anfang der Blüthe oder die Fruchtreife zu bestimmen.

Die Bestimmung und Abgrenzung der Perioden muss natürlich für die verschiedenen Gewächse eine verschiedene sein; so können wir bei Zuckerrüben und Weinstock nicht dieselben Perioden wählen wie bei Getraide.

Der Anfangspunkt der Vegetationsperiode fällt zu Ende des Winters oder in's Frühjahr und da, wo die mittlere Jahrestemperatur unter 17° C. fällt, in denjenigen Monat, dessen mittlere Temperatur 6°—9° C. beträgt. Bei perennirenden Gewächsen ist sie auf jene Zeit zu setzen, wo der Boden frostfrei geworden ist und in ihm eine Temperatur von 1° auftritt und zwar in jener Schicht, in welcher sich der grösste Theil der Wurzeln verbreitet, für die krautartigen Pflanzen meistens $^3/_4$—1 Fuss; für die baum- und strauchartigen Gewächse kann auch wohl die Tiefe von 1 Fuss zur Beobachtung genommen werden, weil in der tieferen Schicht die Temperatur gewöhnlich nicht niedriger ist. Bei den Sommergewächsen ist der Anfangspunkt die Saat, bei feuchtem Boden natürlich. Dieselbe muss jedoch bei einer Temperatur gemacht werden, die erwarten lässt, dass die Samen nicht unthätig im Boden liegen bleiben.

Der Endpunkt der Vegetationsperiode fällt in diejenige Zeit, wo die Pflanze vollkommen ihren Entwicklungsgang durchgemacht hat oder wo sie nichts mehr gewinnt und wo man am zweckmässigsten erndtet. Bei Getraide leichte Trennung der Samen aus den Hülsen (Ueberreife), bei Raps u. dgl. Oeffnung der Schoten, bei Hülsenfrüchten Schrumpfung und Eintrocknung der Hülsen; bei Knollengewächsen (Kartoffeln, Tombinambur) Absterben der Blätter; bei Zuckerrüben höchster Zuckergehalt der Rübe — bei nassem Wetter Welken der Blätter durch Nachtfröste oder niedrige Temperatur, bei hellem Wetter niedrige Lufttemperatur, Tages-

maximum vielleicht 9°—10° C. —, Rebe bis zu einem Tagestemperaturmaximum von 9°—10°; Obstbäume Abfallen der ersten gesunden Früchte.

Als Periodengrenzen liessen sich folgende Entwicklungszustände bestimmen: für Cerealien, Hülsenfrüchte, Raps und ähnliche Gewächse, 1. Periode vom Anfangspunkte bis zur Blüthe, 2. Periode Anfang der Blüthe bis zur Fruchtreife —: der Anfang der Fruchtreife möchte schwer ohne besondere Hülfsmittel zu bestimmen sein, so könnte man allenfalls für Cerealien den Anfang der Fruchtreife auf das Beginnen der milchigten Trübung des Zelleninhaltes der Samen legen —; Kartoffeln, von Samkartoffellegung bis zur Blüthe, von der Blüthe bis zum Endpunkte; Zuckerrübe, Saat bis zur vollständigen Ausbildung des Blattwerkes, d. h. bis zum Aufhören der Neubildung von Blättern — kleinere Herzblätter kommen natürlich nicht in Betracht —, 2. Periode von der Ausbildung der Blätter bis zum Welken der Blätter durch Nachtfröste, 3. Periode von dem ersten Nachtfroste bis zum Sinken des Temperaturmaximum des Tages auf einen gewissen Grad (9° bis 10° C.?); Rebe, 1. Periode bis zur Blüthe, 2. Periode von der Blüthe bis zur Zeit, wo die Beeren nur wenig mehr an Umfang zunehmen, 3. Periode von dem grössten Umfange der Beere bis zum höchsten Zuckergehalte.

Genauere Beobachtungen über den Anfangspunkt besitzen wir nicht; im Allgemeinen lässt sich wohl annehmen, dass, wenn einige Tage in ½ bis ¾ Fuss Tiefe des Bodens eine Temperatur von 2° geherrscht hat, schon ein geringes Wachsthum der Wintercerealien beobachtet werden kann. Bei einigen in einem Garten stehenden Winterweizenpflanzen beobachtete ich Folgendes: bis zum 25. Februar Nachts Lufttemperatur unter 0°, Maximum des Tages in den letzten Tagen bis zu + 7,5° R., Bodentemperatur in ½ Fuss Tiefe Morgens 10 — 11 Uhr zwischen 0° und + 1°; am 26. Februar stieg das Temperaturmaximum der Luft auf 9,5°, der Boden hatte Morgens 10 Uhr eine Temperatur (in ½ Fuss Tiefe) von + 1,5°; am 27. Februar Maximum der Lufttemperatur + 11°, vorhergehende Nacht frostfrei, Bodentemperatur Morgens 11 Uhr in ½ Fuss Tiefe + 3,7°, die Pflanzen waren an diesem Tage um circa 8 Millimetre gewachsen; am 28. Februar Maximum der Lufttemperatur 11,8°, Bodentemperatur in ½ Fuss Tiefe Morgens 11 Uhr 5°, Wachsthum gegen Abend circa 15 Millimetre. Nach 8 Tagen, nachdem die

Pflanzen jeden Tag gewachsen waren, trat plötzlich ein Stillstand ein, die Folge von Nachtfrösten und einem Sinken des Temperaturmaximums auf 3°—4°. Das Wachsthum begann hier also erst, nachdem der Boden um die Wurzeln eine Temperatur von 1°—2° hatte. Bei strauch- und baumartigen Gewächsen ist das Schwellen der Knospen das erste Zeichen des Wachsthums, doch gewährt uns dasselbe keinen Einblick in die ersten Vegetationserscheinungen, wir können dasselbe nicht benutzen, um die niedrigste Temperatur festzustellen, bei welcher die erste Stoffbewegung in den Wurzeln eintritt, weil schon eine mehr oder weniger lange Zeit, je nach der Entfernung der Knospen von den Wurzeln, vergeht, ehe die Stoffwanderung bis zu den Knospen gelangt ist; niedrige Pflanzen, kleine Sträucher zeigen dieses Phänomen viel früher als hochwüchsige Bäume. Herrm. Hoffmann beobachtete das Knospenschwellen bei Ribes Grossularia (Stachelbeere) am 2. März, bei Amygdalus Persica (Pfirsich) erst am 11. März; am 2. März hatte der Boden in 1 Fuss Tiefe Morgens 9 Uhr die vorhergehenden Tage eine Temperatur von + 0,1° R. gezeigt, musste aber der Oberfläche näher höher gewesen sein; vom 8. März an stieg die Bodentemperatur in der genannten Tiefe von 1,2° auf 4°.

Dass aber auch auf den Beginn des Wachsthums die Art von Einfluss ist, lässt sich nicht bezweifeln. So beobachtete Herrm. Hoffmann in demselben Jahre, in welchem die Stachelbeere am 2. März, die Pfirsiche am 11. März die Knospenschwellung zeigte, das Hervortreten der Blumenscheidenspitzen von Galanthus nivalis (Schneeglöckchen) aus dem Boden am 28. Februar. Hier mussten die ersten Vegetationserscheinungen, das erste Wachsen aber schon früher eingetreten sein, bei einer Bodentemperatur, die zwischen 0° und + 1° R. während des Tages lag — freilich in 1 Fuss Tiefe, nahe an der Oberfläche mag sie für kurze Zeit höher gewesen sein. Es kann nicht oft genug darauf hingewiesen werden, dass die Bodentemperatur nur in jener Tiefe bestimmt werden darf, in welcher die Wurzeln oder der grösste Theil des Wurzelwerkes sich verbreitet.

Ueber diejenige Temperatur, bei welcher die Keimung des Samens beginnt, sind in Ohio im Jahre 1859 Versuche angestellt worden, die interessant genug sind, sie den Lesern mitzutheilen. Die Samen wurden in grosse mit Erde gefüllte Töpfe gepflanzt, und zwar grössere 1 Zoll, kleinere ½ Zoll tief. In jeden Topf

wurde ein Thermometer gesteckt, um die Temperatur der betreffenden Bodentiefe ablesen zu können. In einem Apparate konnten die Töpfe beliebig erwärmt und mit Luft und Licht versehen werden; auch wurden sie sorgfältig und gleichmässig bewässert. Grössere Temperaturschwankungen wurden vermieden und nur diejenigen Versuche als entscheidend betrachtet, bei denen entweder sämmtliche Samen verfault oder wenigstens einige gekeimt waren. Folgende Tabelle giebt die niedrigsten Keimtemperaturen an, wie sie durch den Versuch ermittelt wurden. Grade nach Reaumur.

Schminkbohnen	7°,8	Senf	4°,0
Saubohnen	4°,8	Rettig	4°,0
Linsen	4°,0	Kresse	4°,0
Klee	4°,0	Mohrrüben	4°,8
Luzerne	4°,0	Bieberbohnen	11°,0
Buchweizen	7°,0	Mais	7°,1
Süsse Rüben	9°,5	Weizen	4°,0
Spinat	5°,8	Gerste	4°,0
Kürbis	10°,5	Roggen	4°,0
Sonnenblumen	5°,8	Hafer	4°,0
Staudensalat	5°.8		

Diejenigen Samen, welche schon bei 4° keimten, keimen jedenfalls auch noch bei niedrigerer Temperatur, da sie sämmtlich aufgingen und nicht ein einziges Samenkorn ausblieb.

Als höchste Keimungstemperatur wurde beobachtet:

Bohnen	35°	Kürbis	37°
Saubohnen	32°	Mais	37°
Erbsen	31°	Weizen	32°
Kresse	37°	Gerste	32°
Sonnenblumen	32°		

Bei noch höheren Temperaturgraden war kaum das geringste Keimen zu beobachten.

Aus beiden Tabellen geht hervor, dass die Pflanzen heisser Klimate eine höhere Keimwärme erfordern und auch ohne Schaden eine höhere ertragen können; doch scheint auch die Grösse der Samen von Einfluss zu sein. Wenn auch die höchste Temperatur, bei welcher noch ein Keimen stattfinden kann, für unsere Landwirthschaft ohne practischen Nutzen ist, so ist die Beachtung der niedrigsten Keimtemperatur aber um so mehr von Vortheil; säen

wir bei kaltem Wetter, so faulen die Samen, oder die Keime entwickeln sich nur langsam, die jungen Pflänzchen werden schwach und kränklich, Zustände, die gewiss auf die spätere Entwicklung der Pflanzen nicht ohne Einfluss sind, da eine sich kräftig entwickelnde Keimpflanze eher eine kräftige Entwicklung der Pflanze in späteren Perioden zur Folge hat als eine schwach sich entwickelnde.

Sinkt die Lufttemperatur unter 0^0 und dringt diese niedrige Temperatur in die Pflanze ein, d. h. nehmen die Pflanzentheile auch eine Temperatur unter 0^0 an, so erstarrt der Zellsaft zu Eis und damit hören alle Stoffbewegungen und alle Lebenserscheinungen auf. Indess ist eine Lufttemperatur unter 0^0 hierzu nicht immer erforderlich, auch bei 0^0nahen Temperaturen kann bei stark verdunstenden Pflanzen ein Gefrieren eintreten, wenigstens bei den Blättern, indem das Verdunsten des Wassers dem Blatte Wärme entzieht und dieses dabei unter 0^0 sinken kann. Auf nassem Boden, auf frühzeitig bewässerten Rieselwiesen, wenn das Wasser abgezogen wird, tritt diese Erscheinung wohl ein; ebenso beobachten wir sie auch häufig bei Pflanzen, die sehr wasserreich sind und deshalb stark verdunsten. Bei ein und derselben Species oder Varietät leiden üppige, sogenannte geile Pflanzen, deren Gewebe wasserreicher ist, mehr durch den Frost als kümmerlich entwickelte Pflanzen, die weniger wasserreich sind. Manchem Leser wird es schon aufgefallen sein, dass ein Rapsfeld, worauf die Pflanzen sehr üppig und geil in den Winter kamen, viel mehr vom Froste leidet als ein vielleicht dicht daneben liegendes, dessen Pflanzen sich weniger üppig entwickelt hatten. Das Gefrieren zieht den Tod nicht unbedingt nach sich, sondern das Erfrieren tritt gewöhnlich dann erst ein, wenn die gefrornen Pflanzen schnell aufthauen, besonders wenn sie plötzlich von der Sonne beschienen werden. Sind während der Nacht die Pflanzen gefroren, so erfrieren sie, wenn, ehe eine warme Temperatur sie langsam aufgethaut, die Sonne sie trifft; Erfrieren tritt nicht ein, wenn der Himmel des Morgens mit Wolken bedeckt ist. Je geiler die Pflanzen sind, um so eher sind sie erfroren.

Durch das Eindringen einer Temperatur unter 0^0 in den Boden gefriert derselbe ebenfalls. Dasselbe hat jedoch auf die Pflanzen nur dann einen schädlichen Einfluss, wenn der Boden sehr viel Wasser enthält. Durch das Gefrieren des Bodenwassers dehnt der

Boden sich aus, indem er sein Volum vermehrt, dringt nun der Frost schnell in den Boden ein, so hebt sich die gefrorne Schicht, indem sie sich durch Ausdehnung nach oben wölbt, von der darunter liegenden nicht gefrornen Schicht ab, wobei die feinen Pflanzenwurzeln zerreissen. Dieses Zerreissen der Wurzel kann mehr oder weniger schädlich sein, ja selbst die Pflanze zu Grunde richten. Diese Erscheinungen sind dann zu befürchten, wenn der Frost in einer Nacht oder in einigen aufeinander folgenden Nächten tief eindringt. Es ist dies das gefürchtete Auffrieren des Bodens, welches besonders bei Torfboden gern eintritt, auch bei schwerem nassen Thonboden. Junge Wintersaaten leiden auch dadurch gern vom Froste, dass sie von demselben aus dem Boden gehoben und ihre Wurzeln entblösst werden; es tritt diese Erscheinung dann wohl ein, wenn ein nasser Boden durch Gefrieren sich hebt, durch Aufthauen wieder sein früheres Volum annimmt und dieses Gefrieren und Aufthauen sich öfter hintereinander wiederholt, besonders im Spätwinter oder im Frühjahre, wenn es Nachts friert und die aufgehende schon stark erwärmende Sonne den Boden schnell aufthaut. Am meisten leiden hieran humusreiche Bodenarten, welche sich beim Gefrieren stark ausdehnen.

Am gefährlichsten sind überhaupt die Spätfröste oder die Nachtfröste im Frühlinge oder zu Ende eines milden Winters. In dieser Zeit hat die Sonne schon eine bedeutend wärmende Kraft; friert es Nachts, so thaut die aufgehende Sonne die gefrornen Pflanzen und den gefrornen Boden schnell auf. Durch vorhergehende warme Witterung ist schon ein Wachsthum eingetreten, die Pflanzen sind wasserreicher geworden, besonders die Knospen, mögen es nun Endknospen der Axe oder Blatt- und Blüthenknospen sein; noch gefährlicher ist der Spätfrost, wenn die Knospen schon aufgebrochen und aus ihrer schützenden Hülle hervorgetreten sind, wenn sich also die Blätter entfaltet haben und die Blüthen zum Vorschein gekommen sind. Die Terminalknospe des Wintergetraides, die Terminalknospe der jungen Schösslinge der Bäume, die Blüthen, junge Blätter und Knospen der Bäume u. s. w. erfrieren dadurch zuweilen.

Um dem Erfrieren vorzubeugen, muss man die Wintersaaten so frühzeitig machen, dass die Pflanzen sich vor Winter möglichst bestocken können, und organische Bildungsstoffe erzeugen und in der Wurzel in grösserer Menge ablagern; dadurch werden die

Pflanzen nicht nur widerstandsfähiger, sondern die in der Wurzel aufgespeicherten Stoffe werden auch neue Triebe hervorrufen, wenn die durchwinterten Triebe erfrieren sollten. Die schlimmen Wirkungen der Nachtfröste verhindert man, wenn die gefrornen Pflanzen vor zu schnellem Aufthauen geschützt werden. Auf freiem Felde lässt sich dagegen freilich nichts machen, wohl aber in Gärten und auf der Wiese. Spaliere oder Beete werden mit Matten und dergleichen bedeckt, sollten trotzdem die Pflanzen gefrieren, so lässt man die Matten solange liegen bis die Pflanzen aufgethaut sind; liegt noch Schnee, so schaufelt man diesen auf die zu schützenden Beete; um Rieselwiesen vor späten Nachtfrösten zu schützen, zieht man auf sie am Abend eine Wasserdecke, welche erst einige Stunden nach Sonnenaufgang wieder abgelassen wird. Ist des Nachts ein Frost eingetreten, den man nicht erwartete und vor dem man Spaliere und dergleichen nicht frühzeitig genug schützen konnte, so müssen die gefrornen Pflanzen vor Sonnenaufgang mit Wasser begossen werden, allenfalls durch eine Giesskanne (Brause); hierdurch bildet sich um die Pflanzentheile eine Eiskruste, deren langsames Aufthauen auch ein langsameres Aufthauen der gefrornen Pflanzentheile nach sich zieht. Es ist dieses Verfahren schon ein seit dem vorigen Jahrhunderte benutztes. Das Auffrieren des Bodens kann man auf dem Felde nur durch gehörige Lockerung desselben verhindern, es muss das Wasser möglichst schnell in tiefere Schichten einziehen und in der oberen Schicht sich nicht ansammeln können. Bäume, Spaliere und dergleichen können nur vor dem Erfrieren der Knospen und Blüthen geschützt werden, wenn man ihr frühes Treiben verhindert, d. h. das Eindringen der wärmeren Temperatur und die damit zusammenhängende frühzeitige Stoffwanderung in die Wurzel verhindert, unmöglich macht oder möglichst schwächt. Es ist ein solches Verfahren besonders bei Obstbäumen zu empfehlen. Man erreicht den Zweck dadurch, dass man den Boden im Umkreise des Baumes mit Laub oder dergleichen bedeckt, welches die von der Insolation herrührende Wärme zunächst aufnimmt und sie verhindert, schnell in den Boden einzuziehen. Auf diese Weise schützt man nach Dove in Lithauen das Erfrieren der Blüthen der Kirschbäume, welches bei den später einfallenden Nachtfrösten, wenn warme Witterung vorhergegangen ist, leicht erfolgt. Besser noch und leichter ausführbar ist der Schutz der Blüthen und Knospen

der Bäume durch Zusammenschaufeln des Schnees in dem Umkreise des Baumes, oder wenn kein Schnee mehr liegt, Begiessen des Bodens im Umkreise des Baumes mit Wasser; Schnee und durch Wasser erzeugter Forst im Boden, sowie auch schon eine grössere Menge Wasser in dem Boden, nehmen eine so grosse Menge Wärme auf, dass der Boden nicht leicht eine höhere Temperatur annimmt.

Auf die physiologischen und pathologischen Erscheinungen des Gefrierens und Erfrierens der Pflanzen einzugehen, würde mich zu sehr von dem Plane dieses Werkes, der Ernährung, abgeführt haben und musste ich mich auf die vorstehenden allgemeinen Bemerkungen beschränken.

Die geographische Verbreitung der Pflanzen. Wenn eine jede Pflanzenspecies oder Varietät eine bestimmte Menge Wärme zu ihrer Ernährung und Entwicklung nöthig hat, so ist es klar, dass eine Pflanze nur in derjenigen Gegend alle Phasen der Entwicklung durchmachen kann, wo diese Wärmemenge während der Vegetationsperiode geboten wird. Dieser Umstand, in Begleitung der Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse, ist die Ursache der geographischen Verbreitung der Pflanzen, d. h. ihrer Verbreitung und ihrem Vorkommen bis zu einer gewissen Grenze nach Norden oder in der Höhe. Wir müssen uns hier auf die Besprechung der Vegetationsgrenzen einiger Culturpflanzen beschränken; aus derselben wird überhaupt die Beziehung der Temperatur zur geographischen Verbreitung klar werden.

Reis kommt da gut fort, wo die mittlere Temperatur der Sommermonate 23° C. beträgt; er verlangt neben hoher Wärme aber auch viel Feuchtigkeit und muss diese meist künstlich herbeigeführt werden.

Mais verlangt eine mittlere Temperatur der Sommermonate von 18° C. Er geht in Nordamerika bis zum 54. Breitengrade, in Südamerika bis zum 40. Breitengrade; in Europa ist seine nördlichste Grenze der 50., in einzelnen Fällen der 52. Grad nördlicher Breite.

Weizen gedeiht da noch, wo die mittlere Temperatur der Sommermonate 14° C. beträgt. In Schottland ist die nördlichste Grenze der 58. Breitengrad, an der Westküste Scandinaviens der 64., im mittleren Schweden der 62. Grad; im Innern Russlands geht er bis zum 60.—59. Grad, im Innern von Nordamerika bis zum 58. Breitengrade; seine südliche Grenze geht an der Ostküste

Amerika's bis zum 50. Grade, wo die mittlere Temperatur der 3 kühlsten Monate + 20°—21° nicht übersteigt. Der Winterweizen verträgt ein Klima, wo an den kältesten Tagen eine Temperatur von 20° C. herrscht. Sommerweizen kann da ebenfalls noch gedeihen.

Roggen. Die mittlere Temperatur der Sommermonate von 13° bildet seine nördliche Grenze. Die Nordgrenze ist auf der Westseite Scandinaviens der 67., auf der Ostseite der 65.—66. Breitengrad, im Innern Norwegens der 65., im Innern Russlands der 62,5. Grad.

Hafer. Die Nordgrenze desselben ist in Schottland der 58,5., Norwegen der 65., Schweden der 63,5. Grad; im Innern Russlands fällt sie mit der Nordgrenze des Roggens zusammen.

Gerste kommt da noch fort, wo die mittlere Temperatur der Sommermonate 8° C. beträgt. Wir finden sie noch im äussersten Norden von Schottland, auf den Orkaden, Schettlandsinseln, Faröern, am Nordkap auf dem 70. Grade, am weissen Meere unter dem Polarkreise, in der Mitte Sibiriens auf dem 58.—59. Grade der Breite. Keine Getraidepflanze braucht eine kürzere Vegetationsperiode als die Gerste, wenn sie nur einige warme Sommermonate hat, so kann sie vegetiren und reifen.

Kartoffeln kommen in einigen Varietäten noch in kälteren Klimaten als die Gerste fort. Auf Island wird eine frühzeitige Varietät angebaut.

Der Weinstock bedarf eine mittlere Jahrestemperatur von 10—17°, eine mittlere Sommertemperatur von 19—20° C.; schlecht kommt er da fort, wo die mittlere Temperatur unter + 1° geht. In den Ebenen Europas ist seine nördlichste Grenze der 50. Breitengrad, in Amerika der 40., die südliche Grenze ist der 30. Grad nördlicher Breite. Die Nordgrenze des Weinbaues (d. h. der Weinkultur im Grossen) geht aus dem Innern Asiens ansteigend durch Südrussland, Galizien, Schlesien, Thüringen, Hessen und durchschneidet den Rhein bei Bonn, von wo sie dann, rasch nach Süden abfallend, das nördliche Frankreich durchzieht, die Champagne, Paris und Nantes südlich lassend.

Je höher wir im Gebirge aufsteigen, um so mehr nimmt die mittlere Temperatur ab, die Pflanzen können demnach auch in der Höhe nur da fortkommen, wo ihnen die nöthige Wärmemenge geliefert wird. Roggen steigt im Allgemeinen höher als der Weizen im Gebirge auf, die obere Grenze des Roggens liegt in der mittleren

Schweiz 4700, in der südlichen 5000 Fuss hoch; die obere Grenze des Weizens ist in der südlichen Schweiz 4500 Fuss; auf der Hochebene von Tibet wird er noch in einer Höhe von 11700 Fuss über dem Meere mit Erfolg gebaut; auf der Hochebene von Quito und Caxamarka unter dem Aequator hat er seine obere Grenze in einer Höhe von 9400 Fuss. Natürlich ist die obere Grenze abhängig von der mittleren Temperatur, die nicht nur bedingt wird von der Höhe allein, sondern auch von der Gestalt und der Ausdehnung des Gebirges; man kann im Allgemeinen annehmen, dass die höhere Mitteltemperatur bei gleicher Breite um so höher liegt, als das Gebirge oder die Hochebene eine grössere Ausdehnung besitzt. So ist die Hochebene von Tibet ein grosses, ausgedehntes Land und hier kommt der Weizen, wie oben angeführt, noch bei einer Höhe von 11700 Fuss auf dem 32. Breitengrade fort, während auf den Hochebenen von Quito und Caxamarka, die höchstens eine Oberfläche von 10 Quadratmeilen haben, trotzdem sie unter dem Aequator liegen, die obere Grenze des Weizens doch nur bis zu 9400 Fuss geht.

Auf den Gebirgen der Aequatorialzone geht der Mais bis zu 6000 und selbst bis zu 7000 Fuss Meereshöhe.

Hafer und Gerste, wie sie am weitesten nördlich noch fortkommen, gedeihen sie auch in bedeutenderer Höhe als der Weizen. Die Gerste bildet die obere Getraidegrenze, die in Deutschland 2500, in den südlichen Alpen 5500, auf den peruanischen Cordilleren 10000 und im Himalaya sogar 13—14000 Fuss hoch liegt. Auch die Kartoffeln gehen ziemlich hoch hinauf.

Im mittleren Deutschland wird der Winterweizen und die Wintergerste in einer Höhe von 1000 Fuss schon nicht mehr mit Sicherheit anzubauen sein, an ihre Stelle tritt mit grösserer Sicherheit der Spelz und das Einkorn; Winterroggen wird noch in einer Höhe von 1600 Fuss mit Sicherheit angebaut, bei 2000 Fuss dürfte derselbe aber schon besser durch Sommerroggen zu ersetzen sein. Sommerweizen geht höher wie Winterweizen; die Sommergerste kommt noch neben dem Sommerroggen fort. In einer Höhe von 2000 Fuss hat die Hafer wohl nur noch als Dreeschhafer einige Bedeutung, sie wird oft nicht reif. Der Handelsgewächsbau geht mit Erfolg selten über 700 Fuss hinaus; rother Klee liefert noch bis zu 1500 Fuss ordentliche Erträge, dürfte höher hinauf aber durch andere Kleearten zu ersetzen sein; Luzerne bleibt ertragreich nur

in der untern Region. Kartoffeln werden noch mit Vortheil auf einer Höhe von 2000 Fuss gebaut. Raps nur bis zu 600 Fuss.

Die Beziehungen des Lichtes zur Pflanzenernährung.

Wie mächtig und nothwendig das Licht auf die Lebensvorgänge der Pflanze ist, zeigen uns die im Dunkeln sich entwickelnden Keimpflanzen. Lässt man Samen in Erde im Dunkeln keimen und wachsen, so entwickelt sich die Keimpflanze so lange, bis die im Samen aufgespeicherten Bildungsstoffe in Zellen verwandelt sind; dann hört ein jedes Wachsthum auf. Die Blätter und Stengel solcher Pflanzen sind gelb gefärbt, die Stengel schiessen schnell und stark in die Höhe, bleiben aber schwach und dünn; es entwickeln sich die Gefässe, welche der Pflanze die Steifigkeit geben, nicht vollkommen, die Verdickung ihrer Membrane bleibt zurück. In den Zellen der Blätter ist zwar das Protoplasma in kleine Klümpchen zerfallen, aus welchen unter günstigen Umständen die Chlorophyllkörner hervorgehen, die Klümpchen oder Körner sind aber gelb. Bringt man eine solche im Dunkeln gezogene (etiolirte) Pflanze an's Licht, so fängt sie bald an, sich grün zu färben, die gelben Körner der Chlorophyllzellen färben sich jetzt grün und werden erst wirkliche Chlorophyllkörner. Ob das Licht unbedingt nöthig ist zur Chlorophyllbildung, ist bis jetzt noch nicht ausgemacht, denn man findet auch in tief im Stamme liegenden Zellen, wohin nie ein Lichtstrahl gedrungen sein konnte, zuweilen Chlorophyllkörner; so viel steht aber fest, dass das Licht die Chlorophyllbildung ausserordentlich begünstigt. Nachdem die etiolirte Pflanze einige Zeit dem Lichte ausgesetzt gewesen ist, fängt sie an, Sauerstoff zu entwickeln; diese Sauerstoffentwickelung ist aber das Zeichen der beginnenden Assimilation, denn jetzt erst wird Kohlensäure zersetzt und in organische Stoffe umgewandelt. Ohne Licht ist die Assimilation vollständig unmöglich, weder stickstofffreie noch stickstoffhaltige Stoffe können ohne Licht in der Pflanze erzeugt werden. Wenn man etiolirte oder bis zum Stillstande des Wachsthums gelangte Pflanzen, bevor sie dem Lichte ausgesetzt werden, auf Stärke untersucht, findet man keine darin, kaum hat das Licht einige Tage eingewirkt, so lässt sie sich bei vielen Pflanzen nachweisen. So lange wie die Einwirkung des Lichtes dauert, findet in

der kräftig vegetirenden Pflanze in gesunden Blättern Assimilation Statt.

Das, was wir Licht (weisses Licht) nennen, ist eine Summe von physikalischen Erscheinungen, wovon jede auch fast eine andere Wirkung auf die Pflanze hat. Es ist dem Leser bekannt, dass, wenn man Sonnenstrahlen durch ein Prisma fallen lässt, hinter dem Prisma ein verschiedenfarbiges Bild sichtbar wird; es rührt dieses Bild — das Farbenspectrum — von der verschiedenen Brechbarkeit der in einem Strahle vorhandenen Lichtwellen her. Im Spectrum des Bildes unterscheidet man 7 Hauptfarben — die Regenbogenfarben — und zwar in folgender Ordnung: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett. Die blauen und noch mehr die violetten Strahlen zeichnen sich durch ihre chemische Wirkung aus; im Spectrum zeigt sich aber auch noch die chemische Wirkung über das Violett hinaus, d. h. ausserhalb des Violettes befinden sich noch farblose Strahlen mit chemischer Wirkung. Die grösste Wärmewirkung liegt in den rothen Farben und ebenfalls über dieselben hinaus liegen noch ungefärbte wärmende Strahlen; auf der Seite des Roth im Spectrum fehlt die chemische Wirkung. Die am meisten leuchtenden Farben mit geringer Wärme und chemischer Wirkung liegen im Orange und Gelb des Spectrums.

Die assimilirende Kraft des Lichtes beruht vorzüglich auf den chemischen Strahlen desselben. Nach Gratiolet und Cloëz ist die Sauerstoffentwickelung grüner Pflanzentheile am schwächsten im gelben und rothen Lichte, am lebhaftesten im blauen und violetten. Ueberhaupt ist die assimilirende Thätigkeit eine durch die chemischen Strahlen des Lichtes eingeleitete Zersetzung anorganischer Stoffe. Ueber den Vorgang dieser chemischen Zersetzung wissen wir nichts, sie wird aber jedenfalls nicht wesentlich verschieden von bekannten chemischen durch das Licht hervorgerufenen Zersetzungen und Verbindungen sein. Füllt man eine Flasche im Dunkeln mit Chlorgas und Wasserstoffgas, so haben beide Gase keine Wirkung aufeinander; bringt man sie in Tageslicht, d. h. zerstreutes Licht, so vereinigen sich Chlor und Wasserstoff mit einander zu Chlorwasserstoffgas (Salzsäuregas); setzt man die Flasche aber directem Sonnenlichte aus, so geht die Vereinigung der beiden Stoffe fast augenblicklich und mit heftiger Detonation und Zerspringen der Flasche vor sich. Wem sind heutzutage nicht die chemischen Wirkungen des Lichtes auf Chlorsilber, Brom- und Jodsilber, auf salpeter-

saures Silber oder Höllenstein bekannt, chemische Vorgänge, auf welchen die Photographie beruht; auch Gerbsäure, Humussäure und andere organische Stoffe werden durch Licht zersetzt.

Das Licht hat aber je nach der Jahreszeit und selbst nach dem Breitengrade und der Höhe des Beobachtungsortes eine verschiedene Wirkung; so ist sie im Januar am schwächsten, nimmt bis zum August an Stärke zu, von da an bis Januar wieder ab. Schall fand das durchschnittliche Maximum der chemischen Wirkung des diffusen Lichtes in jedem Monate, wenn er der chemischen Wirkung relative Zahlenausdrücke gab, wie folgt:

3. Januar	12	23. Juli	44
24. Februar	24	21. August	44
22. März	33	23. September	36
22. April	28	19. October	33
22. Mai	30	8. November	15
29. Juni	42	28. December	11

Die chemische Wirkung des Lichtes ist demnach im Februar doppelt so stark wie im Januar; im März ½ Mal so stark wie im vorhergehenden Monat; übergeht man die Abnahmen der Stärke im April und Mai, die jedenfalls auf Fehlern in der Beobachtung beruhen, so nimmt die chemische Wirkung des Lichtes bis zum Juli an Kraft zu, erreicht im August die grösste Stärke (45) und nimmt dann allmählig wieder ab bis zum Januar. Die grösste Assimilationsthätigkeit der Pflanze, die grösste Production von organischen Substanzen müsste demnach in den August fallen, natürlich bei Pflanzen, die auch in jeder andern Hinsicht die grossmöglichste Assimilation zulassen (Feuchtigkeit, Nährstoffe); von Mitte März bis Mitte October ist bei uns die Zeit der Assimilation. Wie die chemische Wirkung des Lichtes in verschiedener Höhe sich verhält, zeigt ein Versuch auf der Vincenthütte (9734 Par. Fuss) in den Alpen: an 3 sehr günstigen Septembertagen 1851 betrug daselbst das Maximum zwischen Vormittags 7 Uhr und Nachmittags 5 Uhr nur 16 Grade der photometrischen Scala, während sie in Berlin im September bis 36 Grad ging.*)

Die grösste leuchtende Kraft des Lichtes, das gelbe Licht, fällt in den Sommer und haben diese Strahlen vielleicht einen besondern Einfluss auf das Blühen, denn in diese Zeit gerade fällt

*) Schlagintweit, Neue Untersuchungen etc. 1854. S. 483.

das Maximum der Blüthenentwicklung; nach Hunt soll ein Zusammenwirken der gelben und grünen Lichtstrahlen — blass-grünlich-gelbes Licht — das Blühen am meisten begünstigen; daher so gefärbtes Glas für Gewächshäuser besonders geeignet ist.

Im Herbstlichte sind ganz besonders die wärmenden Lichtstrahlen vorherrschend, und dürfte es sich daraus erklären, dass die Herbstsonne noch so kräftig erwärmend wirkt. Im Uebrigen haben wir die Wirkungen der erwärmenden Strahlen als Wärme vorhin schon besprochen.

Betrachten wir die Beziehungen der Gesammtwirkung des Lichtes oder auch nur eine Einzelwirkung desselben zur Pflanzenentwicklung, so haben wir noch besonders im Auge zu behalten, wie viel Licht der Pflanze geliefert wird, wie lange die Insolation auf sie einwirkt. Wie bei der Wärme eine gewisse Quantität zur vollständigen Entwicklung der Pflanze nothwendig erkannt wurde, so wird auch jedenfalls eine gewisse Quantität chemischer Lichtwirkung, wenn ich mich so ausdrücken darf, und Leuchtwirkung nöthig sein, oder, wenn ich von letzterer absehe, würde es heissen müssen, soll die Pflanze eine gewisse Menge organischer Stoffe erzeugen, so muss eine gewisse Quantität chemischer Lichtstrahlen auf sie einwirken. Ueber diesen Gegenstand besitzen wir noch wenig Untersuchungen, und sind dieselben um so schwerer auszuführen, als wir noch keine genaue Methode der Lichtmessung besitzen.

Wie wir wissen, ist es hauptsächlich das directe Sonnenlicht, bei welchem die Zersetzung der anorganischen Stoffe, also die Neubildung organischer Stoffe erfolgt; das zerstreute Licht wirkt nur unbedeutend in dieser Richtung. Wir werden demzufolge nur die Zeit des directen Sonnenlichtes — Insolation — in Beziehung zur Assimilation zu bringen haben. Ist die Insolation durch Wolken verhindert, so ist die Assimilation bedeutend geschwächt, vielleicht gleich Null. Zur Bestimmung der zur Entwicklung einer gewissen Pflanze nöthigen chemischen Lichtwirkung möchte ich die folgende Methode vorschlagen. Bestimmung der mittleren chemischen Intensität des Monats (aus dem täglichen Mittel oder wenigstens doch aus der Beobachtung von mehreren Tagen des Monates) vermittelst einer photometrischen Methode und Fixirung derselben in einer relativen Zahlen-Intensitätsscala; Notirung der Viertelstunden, welche die Sonne täglich die zu beobachtende Pflanze direct bescheint —

Insolationsviertelstunden —; die Multiplication der monatlichen Insolationsviertelstunden mit der monatlichen Mittelintensität giebt alsdann die Quantität der chemischen Lichtwirkung für den Monat und Summirung der monatlichen chemischen Lichtwirkungsquantität giebt dieselbe für die Vegetationsperiode der Pflanze. Auf diese Weise würde es vielleicht gelingen, einen bestimmten Ausdruck für die Lichtwirkung auf die Pflanze zu erlangen; vorläufig vermögen wir indess nichts Näheres darüber anzugeben.

Wenn die Lichtwirkung in so naher Beziehung zur Assimilation steht, so ist es leicht einzusehen, dass es nicht gleichgültig ist, ob die Vegetationsperiode trübe und während derselben der Himmel meistens oder viel mit Wolken bedeckt ist, oder ob er ein meistens heiterer ist. Es ist bekannt, dass bei ersterer Witterung die Zuckerrüben, das Obst, die Traube zuckerärmer sind, die stärkemehlablagernden Pflanzen weniger Stärke liefern u. s. w. als bei heiterer sonniger Witterung.

Der Sonnenschein ist aber auch zu jeder Tageszeit quantitativ sowohl wie qualitativ ein anderer und hiervon mag die Periodicität im Pflanzenleben vielfach bedingt sein; manche Pflanzen verlangen gerade die Morgensonne, die Camellien z. B., andere die Mittags- und Abendsonne; einige endlich ziehen den sonnenfreien Himmel mit Vermeidung des directen Strahls vor. Einige lieben den klaren Sonnenschein, das weisse Licht, andere gedeihen am besten im grünen Lichte unter Bäumen im Walde. Manche Laub- und Lebermoose sind z. B. nur zum Blühen und Fruchttragen zu bringen, wenn man das eigenthümliche Licht ihres Standorts im Walde nachahmt, indem man sie mit passend grüngefärbten Glasglocken bedeckt. Selbst die einzelnen Organe sind im Lichtbedürfnisse verschieden; gar viele Pflanzen bringen es niemals zur Blüthe, wenn ihnen eine gewisse Quantität oder Qualität des Lichtes vorenthalten wird. Nach H. Hoffmann erwachen die Pflanzen am frühesten im blauen Lichtstrahle, am spätesten im rothen; am ersten dagegen schlafen sie in letzterem und im gelben wieder ein.

Die günstigste Lage für die Vegetation ist natürlich die Ebene, auf welche die Sonne den ganzen Tag, vom Aufgang bis zum Niedergang, ihr Licht wirft; weniger günstig sind in dieser Beziehung die Abhänge, und dies um so mehr, je nördlicher ihre Exposition ist. Liegen die Abhänge gegen Süden, so empfangen sie auch das directe Licht während des ganzen Tages; liegen sie mehr westlich, so fehlt die Morgensonne, bei östlicher Exposition

fehlt die Nachmittags- und Abendsonne. Die Vegetation auf Abhängen wird demnach je nach der Exposition wesentlich verschieden sein können.

Vegetiren Pflanzen ohne Licht, oder doch bei Lichtmangel, so schiessen sie schnell in die Höhe und bleiben dann ihre Stengel zart und schmächtig. Wir werden diese Erscheinung auf die gehemmte Assimilation zurückzuführen haben. Die vorhandenen Stoffe werden in Zellen umgewandelt; es werden aber so wenig Kohlenhydrate erzeugt, dass die Ablagerung von Cellulose, welche aus Stärke oder dergleichen hervorgeht, auf die innere Membranwand bei den Gefässen und anderen Zellen nicht in dem Maasse erfolgt, wie es die Ausbildung des Stengels und der Pflanze überhaupt verlangt; die Zellen bleiben dadurch in höherm Grade ausdehnungsfähig, und auf dieser Ausdehnungsfähigkeit beruht hauptsächlich das grosse Streckungsvermögen im Dunkeln wachsender Pflanzen. In dichten Wäldern, wo unter den Bäumen beständiger Schatten und Halbdunkel herrscht, ist das Wachsthum gerade wie oben geschildert; wir finden darin meistens hoch aufgeschossene, weiche und zarte, oder, wie man zu sagen pflegt, vergeilte Pflanzen — Schattenpflanzen —. Ob das Licht auf den Stoffwechsel in der Pflanze einwirkt, ist bis jetzt nicht ausgemacht, doch spricht manche Erscheinung dafür. Wenn Gemüse, Salat, Endivien u. s. w. eine gewisse Menge Blätter gebildet haben, schliessen sie sich oder werden durch die Hand geschlossen. Es bilden sich nun auf Kosten der in den älteren Blättern aufgespeicherten organischen Bildungsstoffe neue Herzblätter, welche gelb, weich und zart bleiben, und deren Zellen sich nicht durch Ablagerung von erhärtenden Zellstoffschichten auf ihre innere Wand verdicken. Ob diese Erscheinung nun auf das mangelnde Licht oder auf die verhinderte Verdunstung zurückzuführen sind, muss vorläufig dahin gestellt bleiben. Die im Dunkeln getriebenen Kartoffelkeime, die ebenfalls ihre Zellen wenig oder gar nicht verdicken, sprechen für die Einwirkung des Lichtes auf den Stoffwechsel. Wahrscheinlich wirkt das Licht am meisten auf die Umwandlung von Kohlenhydraten in Oele, ätherische Oele und Harze. Die Pilze bedürfen zu ihrer Entwickelung des Lichtes nicht oder manche wahrscheinlich nur ein Wenig eines zersteuten Lichtes; gewöhnlich gedeihen sie im Dunkeln am besten.

Um seinen Acker von Unkraut zu reinigen, sucht der Land-

wirth den Unkrautpflanzen das Licht zu entziehen; geschlossener Stand der Saaten, blätterreiche dichtstehende Pflanzen — Hülsenfrüchte, Klee — lassen Unkrautpflanzen nicht aufkommen. Es ist bekannt, dass ein dichtstehender Klee den Acker ganz vorzüglich reinigt, und aus derselben Ursache verunkrautet der Hafer mit seinem grösseren Blattwerke das Feld weniger wie Roggen und Weizen; kurz, Beschattung des Bodens ist das wesentlichste Mittel zur Zerstörung des Unkrautes, mag dieselbe nun durch Pflanzen oder künstlich durch Ueberdüngung, d. h. durch Ausbreiten des Düngers auf dem Felde herbeigeführt werden. Die Ueberdüngung ist in dieser Beziehung von den Landwirthen noch viel zu wenig berücksichtigt worden. Saaten, die möglichst unkrautfrei bleiben müssen, z. B. Lein, gedeihen ganz vorzüglich durch Ueberdüngung des Feldes vor der Saat. Am Rhein wird hier und da das Flachsfeld auf die Weise vorbereitet, dass es nach der schon früh gegebenen letzten Furche stark überdüngt wird; kurz vor der Saat wird der Dünger abgezogen und auf einen in der Nähe liegenden, zu anderer Saat bestimmten Felde untergepflügt. Wenn die Ueberdüngung eine möglichst den Boden deckende war, so ist eine Verunkrautung des Flachses nicht zu befürchten. Die zur Vertilgung des Unkrautes bestimmte Ueberdüngung muss indess so stark gemacht werden, dass der Boden gehörig bedeckt wird. Unter der Mistdecke keimen die Samen zwar, mangelt den jungen Pflänzchen aber das Licht, so gehen sie zu Grunde. Zu lichte Ueberdüngung befördert nur das Wachsen der Unkrautpflanzen.

Den vegetationshemmenden Einfluss des Lichtmangels erfährt der Landwirth zu seinem Leidwesen oft genug auf Rüben- und Möhrenfeldern u. dgl., wenn das Unkraut die jungen Culturpflänzchen überwuchert und erstickt. Auf Möhrenfeldern tritt diese Erscheinung sehr leicht ein, wenn in Folge von Trockenheit die harten Möhrensamen lange im Boden liegen, ohne zur Keimung zu gelangen. Ehe die Möhrensamen aufgehen, haben die Unkrautsamen schon gekeimt und bilden sich zuerst aus; die stärker ausgebildeten Unkrautpflanzen ersticken nun die zarteren jüngeren Möhrenpflänzchen. Das häufige Fehlschlagen der Möhre ist diesem Umstande zuzuschreiben. Durch Einweichen der Samen beugt man dieser Misslichkeit leicht vor, weil sich dann die Samen und die jungen Pflanzen schnell entwickeln und das Unkraut ersticken. Ein ähnliches Verunkrauten der Samen kommt bei allen langsam

keimenden Samen vor und wird das Einweichen der Samen das beste Vorbeugungsmittel sein. Untersaaten — Klee besonders — leiden oftmals durch zu dichten Stand der Ueberfrucht, weil alsdann dem jungen Kleepflänzchen das Licht entzogen wird; daher eignen sich Gerste und Roggen mir ihren wenig blättrigen Halmen besser zu Ueberfrucht als Hafer, welcher durch sein üppigeres Blattwerk die Kleepflänzchen zu sehr beschattet; Drillweizen eignet sich auch wohl zur Ueberfrucht des Klees; nimmt man Blattgewächse, wie oft auf leichtem Sandboden mit gutem Erfolge Wicken und Buchweizen, zur Ueberfrucht des Klees, so müssen diese frühzeitig genug abgeschnitten werden, um dem Licht Zutritt zu den jungen Pflänzchen zu gestatten.

Manche Gewächse gedeihen noch ziemlich gut, wenn sie nur zerstreutes Licht oder überhaupt nur weniges Licht empfangen; so wächst die junge Fichte z. B. im geschlossenen Kiefernstande sehr gut, die Kiefer im Fichtenstande schlecht. Beschattung junger Waldbäume ist bei vielen Arten nöthig; der Kaffeebaum trägt am reichlichsten, wenn er unter höheren Bäumen steht.

Einfluss der Electricität auf die Pflanzenernährung.

Ein dunkler Schleier bedeckt dieses Gebiet der Lebenserscheinungen in den Pflanzen; noch wissen wir, so zu sagen, gar nichts über die Beziehungen der Electricität zu den pflanzlichen Lebensprocessen, und doch müssen wir uns gestehen, dass sie eine nicht unwesentliche Rolle spielen. Ich habe in einem früheren Abschnitt gezeigt, dass die Diffusionsströmungen unter dem Einfluss des electrischen Stromes stehen; wenn ein electrischer Strom durch eine permeable Membran geleitet wird, welche auf beiden Seiten mit Wasser in Berührung ist, so häuft sich das Wasser auf der Seite des Zinkpols an; befindet sich der Zinkpol in Eiweisslösung auf der einen Seite der Membran, während der Kohlenpol sich in Wasser auf der andern Seite befindet, so schien die endosmosische Strömung zum Eiweisse stärker zu sein, umgekehrt war sie schwächer (Vergl. S. 52). Auf die Einführung des Wassers in die Pflanze wird der electrische Strom wenigstens ebenso wirken, da aber unzweifelhaft zwischen Boden und Pflanze electrische Strömungen stattfinden, so werden dieselben je nach ihrer Richtung mehr Wasser in die Pflanze einführen oder weniger, was unter Um-

ständen von Bedeutung für die Ernährungs- und Lebensvorgänge der Pflanze sein kann.

Bekanntlich finden in dem Protoplasma junger Zellen Strömungen statt, welche vom Kerne nach der Peripherie der Zelle gehen. Sehr lebhaft sind diese Strömungen in den Zellen der Chara-Arten. Leitet man einen electrischen Strom durch einen Charenschlauch (eine einfache Zellenreihe), so erfolgt Anfangs ein Aufhören der Protoplasmaströmungen. Nach einiger Zeit fängt die Bewegung unter fortlaufendem Einflusse des electrischen Stromes wieder an und kehrt allmählig zu ihrer früheren Lebhaftigkeit zurück. Durch Verstärkung des Stromes kann die Bewegung abermals gehemmt, sogar auf mehrere Stunden unterbrochen werden. (Unger.) Die Ursache dieser Erscheinungen ist uns nicht bekannt.

Dass auch im Boden electrische Strömungen stattfinden, ist nicht zu bezweifeln; da wo heterogene Körper durch dünne Wasserschichten mit einander in Berührung stehen (z. B. Kupfer, Wasserschicht und Zink; Kohle und Zink u. s. w.), sind auch electrische Strömungen zugegen; der Boden besteht aber aus einer Vereinigung heterogener Substanzen, die gewöhnlich von Feuchtigkeit umgeben sind. Erdige Stoffe und organische Stoffe — Humussubstanzen — scheinen besonders die galvanischen Elemente des Bodens zu sein. In dem Boden eines Mistbeetes, welcher reich an humosen Substanzen ist, konnte J. Fichtner durch das Galvanometer electrische Ströme nachweisen. Nach Fichtner*) wirken electrische Ströme zersetzend und lösend auf die Bodenbestandtheile.

Er füllte 100 Gramm gewöhnlicher abgeschlemmter und getrockneter Erde eines Untergrundes in eine Glasröhre und liess durch dieselbe 20 Tage lang atmosphärische Luft, und zwar 230 Litre, streichen (Bodendurchlüftung). Von dieser Erde kamen nun 20 Gramm mit ebensoviel Wasser befeuchtet in eigens geformte Röhren, um einem electrischen Strome, welche in einer Minute 8 Cub.-Centm. Knallgas lieferte, 14 Tage lang ausgesetzt zu werden. Nach beendeter Operation wurde die Erde auf ihre löslich gewordenen Bestandtheile untersucht und gefunden, dass Wasser von 14° R. folgende Mengen auflöste.

Von 100 Grammen Erde des Untergrundes waren in 1000 CC. Wasser löslich:

---

*) Agronomische Zeitung 1861 S. 550.

Gewöhnliche Erde . . . . . 0,085 Gramm,
Durchlüftete Erde . . . . . 0,110 „
Durchlüftete Erde, durch welche der electrische Strom gegangen war . . . . . 0,135 „

Fichtner untersuchte auch den Gesammteinfluss des electrischen Stromes auf die Vegetation, indem er grössere Parcellen dem Einflusse eines galvanischen Stromes aussetzte und die Erndteresultate dieser mit anderen Parcellen, die durchlüftet wurden, und mit gewöhnlichen Parcellen verglich.*) Hier folgt die Erndtetabelle des Versuchsfeldes, welches sich im zweiten Jahre der Durchlüftung und im ersten Jahre der galvanischen Strömung befand.

Fruchtgattung.	Cultur.	Ertrag von 1600□F. an Körnern in Pfund.	Ertrag von 1600□F. an Stroh in Pfund.
Hannagerste	Gewöhnliche Cultur	2048,2	3290,7
	Bodendurchlüftung allein	2685,7	4342,8
	do. und galvanische Strömung	2935,2	5137,8
Futtererbsen	Gewöhnliche Cultur	2523,2	3349,1
	Bodendurchlüftung allein	2895,2	3352,4
	do. und galvanische Strömung	3085,4	4407,7
Sommerweizen	Gewöhnliche Cultur	1482,8	4778,0
	Bodendurchlüftung allein	1943,0	3552,2
	do. und galvanische Strömung	2317,3	4839,2
Vierzeilige Gerste	Gewöhnliche Cultur	2116,1	3767,7
	Bodendurchlüftung allein	2867,9	4135,7
	do. und galvanische Strömung	3060,9	4454,0
Haiden (Buchweizen.)	Gewöhnliche Cultur	425,7	5782,9
	Bodendurchlüftung allein	701,7	6105,2
	do. und galvanische Strömung	967,3	6771,1

Wenn diese Resultate zuverlässig sind, so lässt sich immer noch nicht entscheiden, ob die electrische Strömung bloss durch vermehrte Auflösung von Nährstoffen oder auch direct auf die Pflanzenernährung einwirkte.

*) Nach den Mittheilungen hierüber in Hoffmann's Jahresbericht.

Die Ernährung der Pflanze in den verschiedenen Lebensperioden.

Die sämmtlichen Lebensprocesse der Pflanze laufen auf die Erhaltung der Art hinaus. Die Pflanze wächst, erzeugt aus den anorganischen Nährstoffen organische Substanz und schliesst ihre Vegetation mit der Erzeugung von Organen, welche eine neue Pflanze entstehen lassen; so ist wenigstens der normale Verlauf des pflanzlichen Lebens. Mit der Samenbildung stirbt entweder die Pflanze ab oder ihre oberirdischen Theile leben fort und erzeugen in der nächsten Vegetationsperiode wieder Samen. Die Pflanzen der letzteren Art nennen wir perennirende, sie sind entweder wenigjährige, wie die meisten krautartigen perennirenden Gewächse, oder sie haben eine lange, oft hundertjährige und längere Lebensdauer, wie die Holzgewächse. Die meisten perennirenden Pflanzen erzeugen in ihrem ersten Lebensjahre keinen Samen, viele, die Holzgewächse, erst nach mehreren Jahren. Bei den meisten krautartigen perennirenden Gewächsen sterben die oberirdischen Stammtheile in unserem Klima nach dem Ablaufe des ersten Vegetationsjahres ab, ihre Wurzeln oder unterirdische Stengeltheile leben aber fort und ist in ihnen eine grössere Menge organischer Bildungsstoffe abgelagert, welche zu Anfang der nächsten Vegetationsperiode zur schnellen Entwicklung der Pflanze verwendet werden (Kartoffeln, Runkelrüben). Mehrjährige Gewächse erzeugen nun neben dem Samen auch andere Reservestoffbehälter im unterirdischen Stengel oder in den Wurzeln (Kartoffeln, Orchis-Arten u. s. w.); die holzartigen Gewächse, deren oberirdische Stammtheile nicht zu Grunde gehen, häufen organische Bildungsstoffe in

dem Stamme an, welche bei dem Erwachen der Vegetation im nächsten Frühjahre zur Ausbildung der Blätter dienen.

Die Fortpflanzung geschieht also entweder durch Samen oder gleichzeitig durch Samen und durch Knospung der fortlebenden Pflanzentheile; aus den Samen oder aus den fortlebenden Pflanzentheilen entwickelt sich beim Beginn der nächsten Vegetationsperiode eine neue Pflanze und das Material hierzu wird anfänglich nur durch die in den genannten Theilen aufgespeicherten organischen Bildungsstoffe geliefert. Es ist dies die erste Periode, die der Keimung und Knospung.

Hat die junge Pflanze die organischen Bildungsstoffe verbraucht, so ist sie darauf angewiesen, selbst Bildungsstoffe zu erzeugen; sie verwandelt die anorganischen Nährstoffe in organische Masse; gewöhnlich wächst die Pflanze noch bedeutend und vermehrt ihre Masse. Es ist dies die Periode des Wachsthums.

Nachdem die Pflanze ausgebildet ist, nimmt die Assimilation ihren Fortgang und es häufen sich die organischen Stoffe in ihr an und zwar in der Regel in besondern Geweben, in der Wurzel oder unterirdischen Stengeltheilen oder in dem Parenchym der oberirdischen Axe. Jetzt steht die Pflanze in der Periode der Reservestoffablagerung.

Zuweilen hört nun die Vegetation auf, die oberirdischen Pflanzentheile sterben ab, aus den Reservestoffen wird dann im nächsten Frühjahre wieder eine neue Pflanze gebildet, welche zur Blüthe und Frucht gelangt, Runkelrüben, weisse Rüben (Brassica); oder die organischen Bildungsstoffe häufen sich im oberirdischen Stengel oder in den Blättern an, welche den Winter durchleben und im nächsten Frühjahre die Bildungsstoffe zur Entwicklung einer blühenden Pflanze hergeben, Gemüsekohl u. s. w. Die Vegetation schliesst hier mit der Reservestoffablagerung ab.

Andere Pflanzen entwickeln die Blüthen und die Fruchtorgane, in welchen sich eine neue Keimpflanze schon vorbildet, oder doch wenigstens eine Keimzelle gebildet wird. Gleichzeitig häufen sich um oder in die Keimpflanze organische Bildungsstoffe an, welche dazu dienen, dem jungen Pflänzchen die erste Nahrung zu geben — Samen —. Bei der Entwicklung der Samen wandern die organischen Bildungsstoffe, welche sich im Stengel und in den Blättern u. s. w. gesammelt haben, zu diesem hin. Die Pflanze ist zur Periode der Blüthe und Fruchtbildung gelangt. Hernach

sterben ihre oberirdischen Theile ab, oder dieselben verlieren nur die Nebenorgane, die Blätter. Blattknospen sind bei den Pflanzen der letzteren Gruppe aber schon angelegt und die Terminalknospen, d. h. das fortbildungsfähige Gewebe am Ende der Axe wartet auf neue Zufuhr von organischen Bildungsstoffen im nächsten Frühjahre, um sich weiter zu entwickeln.

Ich will nun versuchen, in den nächstfolgenden Capiteln ein Bild der Ernährungsvorgänge während dieser Perioden zu entwerfen, wobei ich hauptsächlich aber die Culturpflanzen im Auge behalten werde.

Keimung und Keimpflanze.

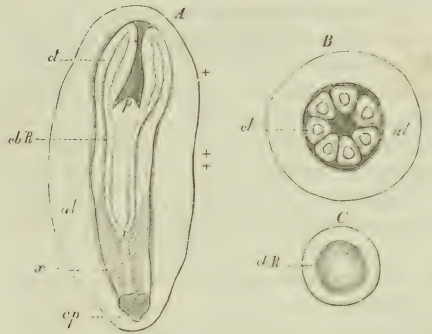
Die wesentlichsten Theile des ruhenden Samens sind der Keim und die um oder in ihm angehäuften organischen Bildungsstoffe, die bei der ersten Entwicklung des Keimes als Nahrung dienen. Bei einem Theile der Pflanze ist der Keim auf der Stufe der Keimzelle stehen geblieben — Sporen —; die Keimzelle sobald sie aus dem Zustande der Reife heraustritt, um eine neue Pflanze zu bilden, theilt sich und entwickelt durch fortgesetzte Theilung gewöhnlich den Vorkeim, das Prothallium, aus welchem die Pflanze hervorgeht. Diese und ähnliche Fortpflanzungsarten, den cryptogamen Gruppen des Pflanzenreiches angehörend, müssen wir übergehen; das Wachsen des Keimes, der Keimzelle u. s. w. ist übrigens bei den meisten dieser Pflanzen einfacher wie bei den phanerogamen Pflanzen. Bei den letzteren Pflanzen hat sich die Keimzelle zu einem Pflänzchen bereits entwickelt, bevor dass das Fortpflanzungsorgan ausser Beziehung zur Mutterpflanze tritt.

In dem Keimpflänzchen sind die fortbildungsfähigen Enden der Pflanzenaxe bereits entwickelt, nämlich die Wurzel und die Terminalknospe oder der Vegetationspunkt der Stammknospe; durch Zellenvermehrung an diesen Punkten wächst dies Keimpflänzchen nach unten und oben, d. h. es verlängert sich.

Die wesentlichsten Theile des Keimlings, der Keimpflanze oder des Embryos sind die Radicula oder das Würzelchen (Fig. 31) mit dem fortbildungsfähigen Gewebe, die Terminalknospe (Plumula), welche sich nach oben verlängert und seitlich Blätter entsendet, und drittens die Samenlappen, Cotyledonen, in welchen organische

Bildungsstoffe mehr oder weniger angehäuft sind. Diese Theile sind entweder von der Samendecke direct überzogen, oder sie sind ganz oder zum Theil von einem parenchymatischen Gewebe, in dessen Zellen Bildungsstoffe aufgespeichert sind, umgeben, Sameneiweiss oder Albumen. Bei allen phanerogamen Pflanzen finden sich die eben genannten Theile des Embryos wieder; ihre Gestalt und Lage gegeneinander ist jedoch sehr verschieden. Das Albumen fehlt bei vielen Pflanzenfamilien. Wir wollen nur den Samen der Culturpflanzen etwas genauer ansehen, im Uebrigen muss ich auf pflanzenphysiologische Lehrbücher verweisen.

Fig. 31.



Die Samen der Hülsenfrüchte haben ein ziemlich weit ausgebildetes Keimpflänzchen (Fig. 32); seine Samenlappen, Stärkemehl und Eiweiss, so wie etwas Oel u. s. w. enthaltend, sind stark entwickelt, sie bilden den grössten Theil des Samens. Die Plumula besteht aus einigen Blättchen, die sich später zu Stengelblättern ausbilden, zwischen ihnen befindet sich die Terminalknospe. Die Samenlappen sind von der Samendecke um-

Fig. 32.

Fig. 31. Der Keim des reifen Samens der Kiefer (Samendecke entfernt). (A) Längsdurchschnitt durch die Mitte derselben, (a l) das Sameneiweiss, (c t) Samenlappen, (r) Radicula, (p) Terminalknospe, (c b R) Cambiumring; (B) Querschnitt durch den Kern in der Höhe von +, (a l) und (c f) wie oben; (C) Querschnitt durch den Keim in der Höhe von +, (c b R) Cambiumring. 30 Mal vergrössert.

Fig. 32. Keimling der Bohne; die Samenlappen (c t) auseinander gezogen, (r) Würzelchen, (p l) Plumula mit Blättchen.

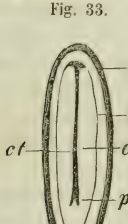
schlossen. Bei der Keimung schwellen die Samenlappen an, sprengen die Samendecke, welche darauf bald abgeworfen wird, das Würzelchen streckt sich, wird zur Pfahlwurzel und bildet neue Seitenwurzeln; während die Terminalknospe weiter wächst, das Stengelchen sich streckt, bilden sich die in der Keimpflanze schon vorhandenen Blätter zu schuppenförmigen über die Erde ragenden Laubblättern aus und aus dem Stengel treten neue Blätter hervor. Bei manchen Hülsenfrüchten bleiben die Samenlappen in der Erde, bei Vicea, Pisum (Pferdebohne, Erbsen z. B.), bei anderen erheben sich die Samenlappen über die Erde und sie werden dann durch Chlorophyllbildung grün, bei Phaseolus (Gartenbohne). Die Keimpflanze erhält ihre Nahrung aus den Samenlappen. Bei den Kleearten sind die Samenlappen klein und enthalten wenig Reservestoffe.

Der Same der Brassica-Arten (des Rapses, der kohlartigen Pflanzen, der weissen Rüben u. s. w.) besteht ebenfalls nur aus dem Keimlinge, dessen Samenlappen stark entwickelt und neben eiweissartigen Stoffen hauptsächlich mit Oel gefüllt sind; der Keimling wird von der Samendecke direct umschlossen. Bei der Streckung des wachsenden Keimlings werden die Samenlappen gewöhnlich noch von den Resten der Samendecken bedeckt, mit über die Oberfläche der Erde gehoben und bilden sich zu grünen Blättern, den ersten Laubblättern um. Das Würzelchen bedeckt sich sehr bald schon mit Wurzelhaaren und entsendet Nebenwurzeln. Die sehr frühe Behaarung der Wurzel deutet wohl darauf hin, dass das junge Pflänzchen schon recht bald Nährstoffe aus dem Boden aufnimmt. Aehnlich verhalten sich die Samen der meisten der Familie der Cruciferen angehörigen Pflanzen. Die Samenlappen sind klein, enthalten nur geringe Mengen von organischen Bildungsstoffen oder Nährstoffen für das junge Pflänzchen. Eiweiss und Oel sind die ersten Nahrungsstoffe dieser Pflanzen.

Bei den Lineen, zu welcher Familie unser Lein gehört, besteht der Same aus dem Keimpflänzchen und einem schwachen Albumen, welches von einer ziemlich dicken Samendecke umgeben ist. Die Cotyledonen sind im Verhältniss stark entwickelt und enthalten ebenso wie das Sameneiweiss viel stickstoffhaltige Substanz und Oel. Bei der Keimung sprengen die anschwellenden Samenlappen die Samendecke und während das Würzelchen, sparsame Nebenwurzeln entsendend, nach unten wächst, hebt der

streckende Stengel die Samenlappen über den Boden, welche sich zu grünen Blättern umbilden und zwischen welchen die Terminalknospe hervorwächst. Die Samendecke entwickelt, wenn sie mit Feuchtigkeit in Berührung kommt, einen zähen Schleim; indem dieser Schleim die Feuchtigkeit sehr stark anzieht, sind die Leinsamen geeignet, auch schon in einem ziemlich trocknen Boden viel leichter zur Keimung zu gelangen wie andere Samen. Zuerst führt das Sameneiweiss der Keimpflanze ebenfalls Nahrungsstoffe zu, wenn dieses verbraucht ist, liefern die Samenlappen noch Nahrungsstoffe.

Fig. 33.



Schwache Entwicklung der Samenlappen mit stärkerer Entwicklung des Eiweisskörpers finden wir bei den Cerealien und andern Gräsern. Gewöhnlich befindet sich das Sameneiweiss auf dem Rücken der Keimpflanze. (Fig. 34.) Die Gräser, sowie die ganze Gruppe der Monokotyledonen unterscheiden sich von den anderen Familien der Phanerogamen dadurch, dass sie nur einen einzigen Samenlappen haben. Der Samenlappen schliesst gewöhnlich die Plumula und die Terminalknospe ein. (Fig. 34 und 35.) Eigenthümlich ist es bei den Gräsern, dass die Radicula nicht

Fig. 34.

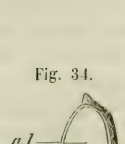


Fig. 35.

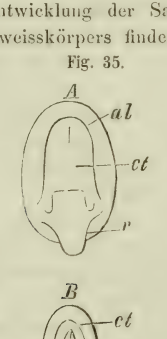


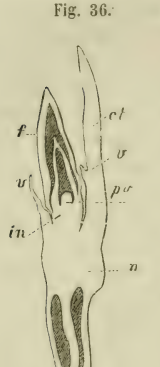
Fig. 33. Längsschnitt durch Leinsame. t Samenhülle, (a l) Sameneiweiss oder Albumen, (r) Würzelchen, (c t c t) Cotyledonen, zwischen welchen die Terminalknospe (p v) liegt. 8 Mal vergrössert.

Fig. 34. Ein Cerealiensame. (em) Keimpflänzchen, (a l) Eiweisskörper.

Fig. 35. (A) Weizensame, 24 Stunden im Wasser gewesen, ohne Samenhülle, (a l) Eiweisskörper, (c t) Samenlappe, die Plumula einschliessend, (r) Würzelchen, 4 Mal vergrössert. (B) Keimpflänzchen des

zur Entwicklung kommt, sondern dass aus der Basis der Radicula Nebenwürzelchen hervorgehen, welche das Wurzelwerk der Pflanze bilden (a r Fig. 35). Bei der Streckung der Keimpflanze verlängert sich das erste Stengelglied (i n) (Fig. 36) etwas, die Plumula sprengt den Keimlappen und wächst aus diesem hervor, das erste Blatt (f) entwickelt sich, bleibt scheidenförmig und stengelumschliessend, die Terminalknospe bricht zwischen den Blättern hervor und hebt sich über die Erde. Während die Radicula abstirbt, entwickeln sich aus dem ersten Knoten (n) die Nebenwürzelchen. Das erste Stengelglied bleibt sehr kurz, das zweite streckt sich, fadenförmig bleibend, und bringt den zweiten Knoten bis dicht unter die Oberfläche, aus diesem, so wie aus dem dritten dicht über der Oberfläche liegenden Knoten entwickelt sich der grösste Theil des Wurzelwerkes. Liegt der Same tief in der Erde, so bleibt das dritte Stengelglied auch oft fadenförmig und der dritte und vierte Knoten gelangen erst in die Nähe der Oberfläche und entsenden Wurzeln.

Fig. 36.



Die meisten übrigen einsamenlappigen Pflanzen, wovon manche Lauch- und Zwiebelarten und Spargel cultivirt werden, verhalten sich ähnlich wie die Gräser, sie haben unter der oft harten Samenschale einen grossentheils öl-, theils stärkehaltigen Eiweisskörper mit einem einfachen Keimpflänzchen. Bei den Lauch- und Zwiebelarten hat das gekrümmte Keimpflänzchen eine stumpfe Radicula und eine von dem Samenlappen scheidenförmig umschlossene Plumula. Der Samenlappen tritt bei der Keimung fast vollständig aus

Weizenkorns. Längsschnitt durch Plumula und Würzelchen. (c t) Samenlappe, (p l) Plumula, (r) Würzelchen (a r) Nebenwürzelchen, (a x) Uebergang des Samenlappen in den Eiweisskörper. 4 Mal vergrössert.

Fig. 36. Keimpflänzchen des Hafers, weiter entwickelt. (c t) Samenlappen (v) scheidenförmiger Theil derselben, welcher die Plumula früher umschloss: die Plumula hat sich zu Blättern entwickelt, (f) erstes Blatt, (p v) Terminalknospe, (i n) erstes Stengelglied (n) erster Knoten, (r) Würzelchen, absterbend, (a r) Nebenwürzelchen. 8 Mal vergrössert.

dem Samen hervor, wird blattartig grün und von den Gärtnern die Peitsche genannt.

Der entwickelte Eiweisskörper findet sich auch bei dem Buchweizen, überhaupt bei den Polygoneen, und ist hier vorwiegend stärkehaltig. Bei der Dattel ist das Eiweiss knorpelig und besteht aus dickwandigen, porösen Parenchymzellen, eben so bei der Kaffebohne, steinartig ist es bei vielen Palmen, ebenfalls durch starke Verdickung der Zellenwände.

Die Samen der Compositen, wozu Tombinambur (Helianthus), Madia u. s. w. gehören, sind eiweisslos, der Keimling ist von einer mehr oder weniger harten Schale umgeben; bei den landwirthschaftlich wichtigen Compositen sind die Samenlappen ölreich.

Die Doldengewächse (Möhre, Petersilie, Kümmel, Fenchel, Sellerie u. s. w.) besitzen einen Eiweisskörper bei kleinen Samenlappen. Die Samenschale enthält bei allen in besonderen langen Gängen ätherisches Oel.

Der Hanfsame (Urticeen) ist eiweisslos, die Samenlappen enthalten viel Oel; der Hopfen, ebenfalls zu den Urticeen gehörend, verhält sich eben so, bei ihm ist das Keimpflänzchen spiralig aufeinander gewickelt. (Fig. 37.) Beiläufig bemerkt, sind Krümmungen, kreisförmige Gestaltung, spiralige Aufeinanderwicklung des Keimlings häufige Erscheinungen.

Fig. 37.

Die Samenschale ist bei vielen Pflanzen sehr stark und fest, oft stark verdickt und steinartig (Steinobst) und besteht im letzten Falle aus verholztem Parenchym.

Pinus und andere Nadelhölzer haben mehr wie zwei Samenlappen und unterscheiden sich dadurch von den anderen Gruppen der Phanerogamen.

Die Bedingungen des Keimes. Zu diesen gehören hauptsächlich ein nicht zu hohes Alter des Samens, Keimfähigkeit überhaupt, Feuchtigkeit, Wärme und Sauerstoff, vorausgesetzt ist natürlich eine vollkommene Entwicklung der Samen.

Durch das Alter verliert der Samen seine Keimfähigkeit; es

Fig. 37. Hopfensame. (t) Samendecke, (c t, c t) die beiden Samenlappen, (r) Radicula; der Keim ist spiralig aufeinander gewickelt. Vergrössert.

sind hierin die Pflanzen aber sehr verschieden von einander. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass der Same um so keimfähiger ist, als er weniger alt ist. In der folgenden Tabelle ist das Alter der Samen von Culturpflanzen und einigen anderen Pflanzen zusammengestellt, bei welchem sie noch keimfähig sind. Die eingeklammerten Zahlen sind Extreme; bei einem solchen Alter werden wohl noch einige Körner eines Samens ihre volle Keimkraft erhalten haben, der grösste Theil ist aber keimungsunfähig. Die Keimfähigkeit von Cerealien aus den Mumiengräbern der ägyptischen Pyramiden, Samen, deren Alter auf 3000 Jahre veranschlagt werden darf, ist sehr zu bezweifeln; es dürfte dies wohl auf Mystification beruhen.

Bohnen	(33—100 Jahre.)	Linsen	2 Jahre.
Ackerbohnen	5 „	Lein	5—6 „
Buchweizen	2—3 „	Luzerne	4 „
Erbsen	5 „	Mais	4 „
Esparsette	4—5 „	Möhren	4 „
Hanf	3 „	Weisse Rüben	4—5 „
Wintergerste	3—4 „	Roggen	4 (140) „
Sommergerste	2—3 „	Raps	3 „
Hafer	2—3 „	Weizen (10 J. Duhamel)	
Mohn	3 „	„ (100 J. Plinius)	
Hirse	2 „	Sommerweizen	2—3 „
Klee, rother	2—3 „	Winterweizen	3—4 „
Kopfkohl	5 „	Runkelrüben	4—5 „
Kohlrabie	5—6 „	Tabak	9—10 „
Kürbiskerne	6—8 „	Wicken	5—6 „
Melonen	(41) „	Gurken	17 „
Weisskraut	5—6 „	Melonen	(41) „
Stechapfel	25 „	Mimose	(60) „

Haberland, welcher mit Culturpflanzensamen eine Reihe von Versuchen anstellte, kam zu folgenden Schlüssen: Je jünger die Samen unserer Getraidearten sind, um so rascher erfolgt das Keimen und um so schneller ist es beendet. Am schnellsten verliert Roggen seine Keimkraft. Auch der Weizen zeigt schon nach wenigen Jahren eine bedeutende Verminderung seiner Keimkraft. Die Keimfähigkeit der Gerste übertrifft die des Weizens und wird selbst vom Mais übertroffen; am längsten bewahrt sie der Hafer,

welcher noch im 11. Jahre ein günstiges Keimungsresultat gab. Die dem Versuche unterworfenen Samen waren 1—10 Jahre alt.

Kaffeebohnen müssen fast unmittelbar nach der Reife wieder gesäet werden, sie verlieren ihre Keimkraft schon nach 6 Wochen; der Wachtelweizen, die Klapper u. s. w. sollen noch schneller ihre Keimkraft verlieren. Der Landwirth nimmt gewöhnlich einjährigen, selten zweijährigen Samen, doch will man die Beobachtung gemacht haben, dass zweijähriger Weizen weniger von Pilzkrankheiten zu leiden habe (wahrscheinlich weil am Samen haftende Pilzsporen ihre Keimfähigkeit eingebüsst haben), dass Hülsenfrüchte aus zweijährigen Samen mehr Schoten ansetzen. Die Gärtner wählen vorzugsweise ältere Samen zur Melonenzucht, weil frische Samen zwar eine bei Weitem üppigere Stengel- und Blattbildung zeigen, aber weniger zum Blühen und Fruchttragen geneigt sein sollen. Dasselbe gilt auch von den Gurken.

Samen können ihre Keimfähigkeit auch durch äussere Ursachen einbüssen und zwar namentlich durch zu grosse Feuchtigkeit und Trockenheit und durch Wärme. Wenn Samen vor der vollständigen Reife geerndtet werden und noch zu viel Wasser in ihren Geweben enthalten, oder wenn dünnschalige Samen an einem feuchten Orte aufbewahrt werden und Wasser von aussen aufnehmen, und wenn sie sich dabei nicht unter Verhältnissen befinden, dass sie zur Keimung gelangen können, so treten Zersetzungsprocesse der in dem Samen aufgespeicherten organischen Stoffe ein, wodurch der Keim ebenfalls zerstört wird. Beim Einfahren nicht vollständig ausgereiften Getraides und Zusammenlegen desselben in dichten Haufen tritt dieses nicht selten ein; auch bei nass eingefahrenem Getraide. Kälte, selbst bis zu — 40° R. schadet den Samen nichts, hohe Wärme hingegen mehr. Nach Edward's und Collin's Versuchen verliert Getraide seine Keimkraft, wenn es ¼ Stunde in Wasser von 40° R. verweilt, nach Unger schon bei 35° C.; in einer feuchten Atmosphäre von 49° R. blieb es zum Theil keimfähig, und trockene Luft von 60° R. schadete der Keimkraft bei viertelstündiger Einwirkung gar nicht. In den Tropen, wo der feuchte Boden oft eine über 40° gehende Temperatur besitzt, können unsere Getraidearten nicht cultivirt werden und glaubt Schleiden den Grund darin zu suchen, dass die Keimkraft der Samen derselben, wenn sie stark durchfeuchtet sind, schon bei 40° verloren geht. Die Samen der Wasserpflanzen werden schon

keimungsunfähig, wenn sie auf Erde gelangen und daselbst austrocknen. Die Samen von Tropengewächsen, ganz vorzüglich aber die Sporen vieler cryptogamischen Gewächse können hohe Temperaturen vertragen, ohne an ihrer Keimkraft beschädigt zu werden.

Wenn der Samen zur Keimung gelangen soll, muss er vorerst gehörig durchfeuchtet werden; das Wasser tritt in die Zellen ein, die abgelagerten organischen Stoffe lösen sich und werden diffusibel, mit der Aufnahme von Wasser dehnen die Zellen sich aus und gewöhnlich quillt der Same auf. Die Keimung tritt um so schneller ein, als die Samenhülle dünner und impermeabler ist, d. h. je leichter das Wasser in das Parenchymgewebe der Samen hineingelangen kann. Samen mit harter, dicker, steinigter Hülle liegen oft einige Jahre in der feuchten Erde, ehe sie zur Keimung gelangen. Bei cultivirten Pflanzen mit hartschaligen Samen, deren Vegetationsperiode kurz ist und wo Alles darauf ankommt die Keimung schnell einzuleiten, um eine möglichst zeitige Entwicklung im Frühjahre herbeizuführen, muss man die Samen vorerst einquellen, indem man sie in Erde bringt, die man stark feucht hält oder sie in einem stets nassgehaltenen wollenen Säckchen einige Zeit aufbewahrt. Tabak, Runkelrüben, Mais, viele Gartensamen werden auf diese Weise vorbereitet. Bei trockenem Wetter ist mancher Boden so feuchtigkeitsarm, dass selbst die leichtkeimenden Getraidesamen nicht zur Keimung gelangen können; wo dieses zu erwarten ist, säet man gerne des Abends und eggt den anderen Morgen tief unter, hierbei haben die Samen durch den Thau etwas Feuchtigkeit aufgenommen. In leichtem Sandboden, der in seiner oberen Schicht stark austrocknet und dem Samen nicht genug Feuchtigkeit zu geben im Stande ist, pflügt man den Samen tiefer in den Boden ein, da in den tieferen Schichten der Boden gewöhnlich feuchter ist und sich die Feuchtigkeit auch länger hält.

Unentbehrlich zur Keimung ist der Sauerstoff. Legt man angefeuchtete Samen unter eine durch Quecksilber abgesperrte Glasglocke, so keimen sie und es verändert sich die Luft in der Glocke dergestalt, dass der Sauerstoffgehalt geringer geworden und der Kohlensäuregehalt beträchtlich zugenommen hat. In einer Atmosphäre von Stickstoffgas, Wasserstoffgas oder Kohlensäuregas kommen die Samen nicht zum Keimen. Der Same der Wasserpflanzen, sowie auch von Pisum, Vicia und anderen Gattungen

keimen unter Wasser, und zog man daraus den Schluss, dass diese Samen des Sauerstoffs nicht bedürfen. de Saussure zeigte aber, dass das ein falscher Schluss war; legte er Samen von Polygonum amphibium (Wasserknöterich) in Wasser, aus welchem durch längeres Kochen alle Luft ausgetrieben war, so keimten sie nicht. Die unter Wasser keimenden Samen erhalten den Sauerstoff aus der in demselben aufgelösten Luft, die überdies sauerstoffreicher ist wie die Luft der Atmosphäre. Uebrigens ist die Quantität Sauerstoff, welche die Samen zur Keimung nöthig haben, eine geringe, Salat, Bohnen, Pferdebohnen erfordern nur 1/100 ihres Gewichtes, Weizen, Gerste und andere noch viel weniger.

In einem Boden, zu welchem der Luftzutritt verhindert ist, gehen die Samen leicht in Fäulniss über. Zäher strenger Thonboden, der kurz nach dem Säen durch Regen mit Wasser gesättigt wird und dieses längere Zeit behält, im Herbste meistens, lässt die Samen leicht zu Grunde gehen; ganz besonders ist dies der Fall bei thonigem Boden, welcher durch Regen an der Oberfläche erhärtet und eine feste Kruste bildet. Es scheint hier ein Theil der Wirkung auf den Mangel an Sauerstoff zu fallen; die Luft tritt in diesen Boden nicht ein, und die im Boden eingeschlossene Luft wird ihres Sauerstoffes durch andere Stoffe beraubt. Auf krustenbildendem Boden ist die Saat immer sehr gefährdet und der Landwirth kann nichts besseres thun, als derartige Krusten möglichst bald zu zerstören, was aber oft schwer ist; Benutzung trockener Witterung ist wohl das geeignetste Vorbeugungsmittel und wenn dadurch die Saat sich auch verspäten sollte, auch Drillcultur.

Die Nothwendigkeit des Sauerstoffes verbietet ein tiefes Unterbringen der Samen; sie müssen in einer Schicht des Bodens liegen, in welcher die äussere Luft freien Zutritt hat. Bei dem Ackerboden geht diese Schicht nur wenige Zoll von der Oberfläche hinab; in tieferen Schichten circulirt die Luft nur wenig mehr, der Sauerstoff wird von organischen Stoffen gebunden, und die Luft daselbst ist mit Kohlensäure geschwängert. Schleiden theilt einige Versuche über die passende Tiefe der Saat mit. Hülsenfrüchte, Getraide und Lein 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Zoll tief gesäet keimten um so später, je tiefer sie lagen; bei Hülsenfrüchten und Getraide betrug der Unterschied im April 10—14 Tage, im Juni 4—7 Tage. Der Lein keimte schon bei 5 Zoll gar nicht mehr; Weizen, in 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 Zoll Tiefe gelegt,

entwickelte sich von 1—4 immer kräftiger, je tiefer er lag, von 4—7 Zoll dagegen immer kümmerlicher. Bei 7 Zoll blieben die Pflanzen ohne Aehren, bei 8 Zoll keimten sie gar nicht mehr. In den tieferen Schichten, so kann man sich vorstellen, ist der Same von einer Kohlensäure-Atmosphäre umgeben. Indess ist der Boden hier von ganz besonderer Bedeutung, je lockerer der Boden ist, um so tiefer geht die Grenze der kräftigsten Keimung, im Sandboden von gröberem Korne, bei welchem die Luft ganz leicht in tiefere Schichten eindringt, geht Roggen noch in einer Tiefe von 5—6 Zoll gut auf; in starkbindigen Bodenarten ist die Grenze der kräftigsten Keimung gewiss nicht über 2 Zoll. Kleesamen dürfen eben nur von Erde bedeckt sein.

Liegen die Samen auf der Oberfläche der Erde und dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, so scheint die Keimung gestört zu werden, ob durch Einleitung eigenthümlicher chemischer Processe oder durch Austrocknung des Samens, muss dahingestellt bleiben. Das gewöhnliche Tageslicht scheint der Keimung nur förderlich zu sein, indess scheint der erste Anfang des Keimungsprocesses ohne Licht schneller von Statten zu gehen.

Der Same gebraucht zu seiner Keimung eine gewisse Menge Wärme und ist diese Menge verschieden je nach der Art der Pflanze. Es verhalten sich hier die Temperaturverhältnisse ganz so wie wir sie in ihren Beziehungen zur Entwicklung der Pflanze im Capitel Wärme kennen gelernt haben. Ist die äussere Temperatur niedriger, so gebraucht der Same längere Zeit bis zum Eintritte und zur Vollendung der Keimung, als wenn die äussere Temperatur höher ist; in dem angeführten Capitel sind für die Beziehungen der Temperatur zur Keimung Versuche mitgetheilt und muss ich darauf zurück verweisen. Aus diesen Untersuchungen ging hervor, dass die Keimungswärme zwischen gewissen Grenzen schwanken darf; bei unseren landwirthschaftlichen Culturpflanzen liegt dieselbe zwischen 4° und 32° R. Bodenwärme. Unter 4° R. findet keine rege Keimung statt, und liegt dann der Same todt im Boden. Ist dabei der Boden nass und wird der Same stark durchfeuchtet, so tritt Fäulniss ein und die Saat geht zu Grunde. Die vorhin angeführten Misslichkeiten im zähen, nassen Thonboden finden hierin zum Theil, oft ganz allein ihre Erklärung. Im Spätherbste fällt nun in einem nassen Boden die Temperatur leicht unter 4° R.; am meisten ist das Zugrundegehen der Saat aber im

Frühjahre zu befürchten, wenn der Boden noch nicht erwärmt ist und grössere Mengen Feuchtigkeit in ihm zurückgehalten werden. Der Thonboden, solange wie er nicht durch Drainage und andere Mittel entwässert ist, bietet deshalb den Pflanzen eine kürzere Vegetationszeit und ist er oft den Sommergewächsen dadurch unzuträglich, dass sie zu spät zur Reife gelangen. Es gilt das besonders von jenen Gegenden, in welchen feuchtes, kaltes Herbstwetter frühzeitig eintritt. Viele Gartengewächse, besonders aber die Pflanzen südlicher Gegenden und der Tropen haben ihre unterste Keimungsgrenze bei höheren Temperaturen. Die obere Keimungsgrenze für die meisten landwirthschaftlichen Gewächse wird in unserem Klima wohl schwerlich überschritten werden, sie tritt in unseren Saatzeiten, Frühjahr und Herbst, nicht ein. Bei den Samen unserer meisten Bäume sowie bei den Zwiebel- und Doldengewächsen liegen die äussersten Keimungstemperaturen viel näher zusammen, ihre untere Grenze liegt bei einer höheren Temperatur wie die der Cerealien, ihre obere Grenze bei einer niedrigeren Temperatur wie bei diesen. Das mag auch die Ursache sein, weshalb die eben genannten Pflanzen nur im Frühjahre zur Keimung gelangen, nicht aber im Sommer bei höherer Temperatur.

Die chemischen Erscheinungen bei der Keimung. Stoffwandlung der im Samen angehäuften organischen Bildungsstoffe, wodurch sie geschickt werden zur Zellenerzeugung, ist der wichtigste chemische Vorgang bei der Keimung. Der erste Act dieser Vorgänge ist die Durchfeuchtung des Samens. Das Wasser dringt durch die Zellen der Samendecke ein, verbreitet sich auf die Zellen des Eiweisskörpers und auf die Samenlappen, sowie auf die des Keimes. Die in den Zellen des Eiweisses und der Samenlappen angehäuften Bildungs- oder Reservestoffe werden gelöst, ebenso die Proteinsubstanzen, welche in Form von Körnern in den Zellen liegen und als Primordialschlauch die innere Wand der Zellen auskleiden; das Stärkemehl verwandelt sich in seine lösliche Modification (Amylogen). Die eine Pflanze bedarf natürlich mehr Wasser hierzu als die andere; nach Schleiden's Untersuchungen nimmt Weizen 25 Procent seines Gewichtes Wasser auf, Hafer 31, Roggen 37, Raps 46, Pferdebohnen 58, Wicken 78, blaue Erbsen 85, rother Kopfklee 124 und Leindotter sogar 276 Procent seines Gewichtes.

Durch vielfache Untersuchungen ist gezeigt worden, dass die im Eiweisskörper und Samenlappen abgelagerten Stärkekörner verschwinden und in eine lösliche, diffusible Substanz verwandelt werden, das Oel wird in Stärke verwandelt, welche darauf jedenfalls auch in diffusible Form übertritt, das Oel als solches nimmt aber auch eine Beschaffenheit an, dass es diffusibel wird; bei manchen Pflanzen löst sich sogar Zellstoff auf, um in Stärke oder Amylogen verwandelt zu werden, wie dies bei Samen geschieht, auf deren Cotyledon- oder Albumenzellen dicke Schichten von Cellulose auf die innere Membranwand abgelagert sind, z. B. bei dem Dattelsamen. Bei vielen, vielleicht bei den meisten Pflanzen ist die Keimung von Gerbsäurebildung begleitet; ich möchte dieselbe aber, wie Schleiden und Schacht überhaupt für die Pflanze, auch für den Samen als das Product des Absterbens von Zellen und namentlich der Zellen der Samendecke ansehen; in dem Keime selbst und in dem Eiweisskörper, solange wie er noch organische Bildungsstoffe an den Keim abgiebt, darf wohl eine solche Gerbsäurebildung oder eine Zuwanderung der Gerbsäure nicht stattfinden, weil durch sie die Proteinsubstanzen gefällt und die Zelle dem Tode entgegengeführt wird. Sie ist als ein zufälliges, unwesentliches Product der Keimung zu betrachten. In dem keimenden Samen müssen aber auch Zersetzungen anderer Art stattfinden, denn es entwickelt sich dabei Kohlensäure, vielleicht Kohlenwasserstoff, nach Knop's Meinung Ammoniak, jedenfalls aber ein freies oder wohl kohlensaures Alkali. Diese Erscheinungen deuten auf Zersetzung sowohl stickstofffreier als stickstoffhaltiger Stoffe hin.

Als Knop Hafer und andere Samen, mit Brunnenwasser befeuchtet, in Glasperlen keimen liess, wurden die jungen Pflänzchen sehr bald gelb und er beobachtete, dass der Same dann alkalisch reagirte. Wie wir früher gesehen haben, ist Alkalinität der Nahrungsflüssigkeit die Ursache der Bleichsucht der Pflanzen; sie ist es also auch bei dem Keimen, bei der ersten Entwicklung des Keimpflänzchens, weil das bei der Zersetzung einzelner Samentheile freiwerdende Alkali (welches wohl nichts anderes als Ammoniak sein kann) in das Keimpflänzchen hineindiffundirt. Wird das Wasser durch etwas Phosphorsäure schwach angesäuert, so tritt diese Erscheinung nicht ein. Die vielfältig durch Versuche festgestellte Thatsache, dass in verdünnten Säuren die Samen besser

keimen und kräftigere Keimpflanzen entwickeln, als wenn sie nur mit reinem Wasser befeuchtet werden, findet hierin ihre Erklärung. Eine besonders günstige Wirkung hatte nach einigen Versuchen von mir verdünnte Phosphorsäure auf Samen mit dicken Schalen; in reinem Wasser wurden dieselben viel kümmerlicher und chlorotischer (manche gingen ganz zu Grunde), als solche mit dünnen Samenschalen. Diese Erscheinung macht mich glauben, dass die Zersetzung oder Fäulniss der Samenschale die Alkalinität besonders hervorruft und dass von hier aus der alkalische Stoff, so lange die Samenschale noch mit dem Keimpflänzchen in Verbindung ist, in die Keimpflanze übergeht; doch kann auch Zersetzung von Theilen des Keimes, vielleicht unter ungünstigen Keimungsverhältnissen mit dazu beitragen. In einem Sande, aus welchem alle thonigen Theile abgeschlemmt sind, treten die oben beschriebenen Erscheinungen ebenso ein wie in Glasperlen und wenn man Samen nur mit Wasser befeuchtet; in thonigem Boden, überhaupt in jedem anderen Boden entwickeln sich die Samen gut, offenbar weil hier das Alkali sofort von dem Boden absorbirt wird. Humboldt beobachtete schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts, dass das Chlor die Keimung wesentlich beschleunige, besonders beobachtete er dies bei alten Samen, die durch kein anderes Mittel zur Keimung gebracht werden konnten. Ob hier das Chlor auf ähnliche Weise wirkt wie die Säuren, muss dahingestellt bleiben, fast möchte man dieses bezweifeln; es scheint vielmehr in dem alten Samen chemische Processe hervorzurufen, welche die geschwächte Keimkraft wieder beleben. Soll das Chlor nicht an die Stelle des Sauerstoffs treten und kräftiger in dieser Function wirken, wie der letztere? Unger spricht dies als Vermuthung aus; auch soll nach ihm Jod und Brom dem Chlor gleich wirken. Man verwendet zu diesem Zwecke Chlorwasser, welches in jeder Apotheke zu haben ist; Humboldt machte einen Teig von Braunstein, Wasser und Salzsäure und legte die Samen hinein. Boussingault meint, dass diese Samenbelebung in der Landwirthschaft bei alten Samen mit Vortheil benutzt werden könne, und empfiehlt dazu das leicht und billig im Grossen herzustellende Chlorwasser.

Die Entwicklung von Kohlensäure deutet auf Zersetzung stickstofffreier Substanzen hin und es ist gerade der Sauerstoff, welcher zu diesen Processen verwendet wird. Ob diese Zersetzungsprocesse nothwendige Begleiter des Keimungsprocesses sind, ob sie bei dem

Stoffwechsel der organischen Bildungsstoffe auftreten, d. h. ob bei diesen Vorgängen Oxydationsprocesse stattfinden und Kohlensäure ausgeschieden wird, das sind Fragen, welche noch ihrer Beantwortung harren. Man sollte fast glauben, dass Kohlenstoffoxydation bei der Umwandlung der organischen Stoffe nicht zugegen sei, und dass dieselbe, nur bei unwesentlichen Samentheilen oder Samenstoffen auftretend, zufällig sei, mit den Stoffumwandlungen und überhaupt mit der Keimung gleichzeitig einhergehe; andererseits aber darf man nicht übersehen, dass ohne Sauerstoff Samen nicht zur Keimung kommen, es müssen die Oxydationsprocesse deshalb nothwendige sein.

Die Zersetzungs- und Oxydationsprocesse führen einen Verlust an organischer Masse herbei, wir finden in der Keimpflanze nicht mehr die ganze Menge der organischen Substanz des Samens wieder. Dieser Verlust ist schon in der ersten Periode des Keimens zugegen, wenn das Würzelchen eben hervorgetreten ist. Boussingault fand in dieser ersten Keimungsperiode, d. h. bis zum Hervortreten des Würzelchen aus der Samenhülle für Kleesamen einen Verlust von 7 Procent der Trockensubstanz des Samens, für Weizen einen Verlust von 3 Procent. Bei Beendigung der Keimung und bei Entwicklung der Keimpflanze ist der Verlust noch beträchtlicher, wie die folgende Tabelle zeigt:

Samen:	Zeit der Keimung in Tagen.	Verlust in Proc. der Trockensubstanz des Samens.	Beobachter.
Pferdebohnen	16	29	Schleiden.
Erbsen . .	18	24	„
Weizen . .	18	23	„
Roggen . .	12	15	„
Gerste . .	7	68	„
Wicken . .	18	17	„
Erbsen . .	26	52	Boussingault.
Weizen . .	51	57	„

Die Verschiedenheit der Resultate der beiden Beobachter mag zum Theil darin beruhen, dass die Untersuchung in verschiedenen Perioden vorgenommen wurde, zum Theil wird sie aber auch der Verschiedenheit der Zeit und der Temperatur zugeschrieben werden müssen. Dieser Gegenstand ist noch wenig untersucht worden.

Die Boussingault'schen Untersuchungen erstrecken sich auf den Verlust an den einzelnen Elementarstoffen, welchen er durch

Elementaranalyse bestimmte. In der ersten Periode des Keimens fand sich bei Kleesamen und Weizen nur ein Verlust an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, in den späteren Perioden trat bei Erbsen auch ein Verlust an Stickstoff ein. Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff treten als Kohlensäure und als bei der Zersetzung gebildetes Wasser aus; wo Stickstoff verloren geht, verbindet sich dieser mit Wasserstoff zu Ammoniak. Boussingault fand bei Erbsen einen Verlust von 0,072 Grm. Wasserstoff, 0,500 Sauerstoff und 0,022 Grm. Stickstoff. Wenn sich Wasser und Ammoniak bildet, so haben nöthig

0,500 O	0,063 H	um Wasser zu bilden und
0,022 N	0,006 H	um Ammoniak (NH_4O) zu bilden, es mussten also
	0,069 H	zur Ammoniak- und Wasserbildung verwendet werden.

Der Verlust war in Wirklichkeit 0,072, eine geringe Differenz. Es ist wahrscheinlich, dass im Verlaufe der Keimung bei allen Samen, vorzüglich aber bei stickstoffreichen, bei Samen mit stark entwickelten Cotyledonen oder Eiweisskörper ein Verlust an Stickstoff und Ammoniakbildung eintritt und es bestätigen die obigen Untersuchungen die vorhin erwähnte Vermuthung Knop's. Wie überall, wo Verbrennungs- oder Oxydationsprocesse stattfinden, Wärme entwickelt wird, so auch bei der Keimung; bei einzelnen Samen ist die Temperaturerhöhung nicht beträchtlich, wohl aber, wenn viele in einem Haufen zusammen liegen; sie steigt oft sehr bedeutend. Unger hält diese Wärmeentwicklung auch für eine den Zersetzungsprocessen angehörige, nicht für eine Eigenwärme des Keimes.

Nicht unwahrscheinlich ist es, dass sich bei den Zersetzungsprocessen der Keimung auch noch andere als die genannten Stoffe entwickeln, besonders wenn eine Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen zugegen ist. Wir wissen, dass bei der Zersetzung dieser Stoffe unter Anderem auch organische Säuren, Milchsäure, Propionsäure, Valeriansäure auftreten und diese mögen sich auch bei der Keimung, wenn auch vielleicht in geringer Menge, bilden. Bequerel hat bei keimenden Samen Essigsäure (? wahrscheinlicher Milchsäure) gefunden; manche keimende Samen geben, auf Lakmuspapier gelegt, saure Reaction, die bleibend ist, also nicht von Kohlensäure herrührt.

Die Entwicklung der Keimpflanze. Der Embryo oder das Keimpflänzchen entwickelt sich durch Zellenvermehrung, es bildet alle seine Organe, Wurzel, Axe und Blätter, aus. Die zur Zellenbildung nöthigen Stoffe werden ihm aus dem Eiweisskörper und den Samenlappen, oder, wo der erstere fehlt, aus dem letzteren allein geliefert. Keimpflanze wollen wir das junge Pflänzchen solange nennen, als es aus dem Keime Nahrung schöpft und in ihm selbst die Assimilation und Bildung zellenerzeugender Stoffe noch nicht stattfindet. Je nachdem der Same mehr oder weniger Bildungsstoffe in sich angehäuft hat, dauert das Keimleben der Pflanze und ist die Ausbildung der Pflanze eine verschiedene. Der äusserst winzige Same von Scrophularia aquatica, einer oft 3 bis 4 Fuss hohen Pflanze, erzeugt eine Keimpflanze, die nur wenige Millimetre lang ist und gelangt nicht über das erste Laubblattpaar; die Blättchen sind höchstens 1½ Millimetre lang. Das junge Würzelchen ist aber schon sehr früh dicht mit Wurzelhaaren besetzt und es ist dadurch möglich, dass das junge Pflänzchen sehr bald Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen und verarbeiten kann. Dem gegenüber muss die Keimpflanze von Phytelephas macrocarpa ein Riese sein; sie entnimmt aus den grossen Samenlappen 2 bis 3 Jahre lang organische Bildungsstoffe, und soll die Pflanze nach Miguel absterben, wenn die Samenlappen binnen 2—3 Jahren von der Pflanze getrennt werden. Die dicksamenlappigen Hülsenfrüchte entwickeln eine Keimpflanze mit vielen Blattpaaren, wohingegen Pflanzen mit kleinerem Samenlappen oder Eiweisskörper es zu weniger Blattpaaren bringen, so z. B. die Brassica-Arten. Je kleiner die Keimpflanze bleibt, um so früher muss sie Nährstoffe aus dem Boden nehmen, um sich ihre zellenerzeugenden Stoffe selbst zu bilden, und es scheint mir ein allgemeines Gesetz zu sein, dass Pflanzen, die früh auf eine eigene Assimilation angewiesen sind, auch schon früh Wurzelhaare entsenden. Man sehe sich nur das sehr kleine zierliche Würzelchen von Scrophularia aquatica, selbst schon das junge Würzelchen von Raps an, kaum haben sie die Samenschale durchbrochen, so sind sie auch dicht behaart, wohingegen die Würzelchen von Hülsenfrüchten viel länger unbehaart bleiben. Uebrigens hat Gustav Wunder gezeigt, dass ganz junge Turnipspflänzchen schon aus dem Boden Nährstoffe aufnehmen. Er untersuchte einerseits Turnipssamen, welchen er unter Befeuchtung mit Wasser auf einer feinen über eine Porzelan-

schale gespannten Gaze 14 Tage keimen liess; zu dieser Zeit war die Plumula etwa 1 Zoll lang; anderseits untersuchte er Pflänzchen, welche 14 Tage nach der Saat aus der Erde genommen wurden.

100 Theile Trockensubstanz enthielten*):

Bestandtheile.	Keimversuch.			Pflänzchen aus dem Boden.	
	Plumula.	Radicula.	Samenhüllen.	Blätter.	Würzelchen.
Eisenoxyd . . .	0,09	0,46	0,25	0,34	1,45
Kalk	0,64	0,61	2,21	5,87	5,28
Magnesia . . .	0,80	0,46	0,48	1,40	1,32
Kali	1,07	2,76	0,30	3,75	3,03
Natron	0,01	Spur	Spur	0,57	1,32
Phosphorsäure .	2,68	1,99	0,38	1,65	1,68
Schwefelsäure . .	1,65	1,22	0,56	1,85	1,98
Chlor	Spur	Spur	Spur	0,83	—
Kieselsäure . .	Spur	Spur	0,29	0,39	1,71
Summa:	6,93	7,50	4,47	16,65	17,77
Stickstoff:	6,59	5,65	3,14	6,50	3,49

Es sind diese bedeutenden Zunahmen von Mineralsubstanzen in der Trockensubstanz nur auf eine Aufnahme aus dem Boden zu deuten, besonders ist Kalk, Kali und Magnesia aufgenommen worden, Schwefelsäure erst in geringer Menge, Phosphorsäure wie es scheint gar noch nicht. Eine Verarbeitung der aufgenommenen Stoffe findet erst später statt.

Die Stoffwanderung in der Keimpflanze. Diese ist nicht anders wie in der erwachsenen Pflanze. Im Embryo unterscheiden wir deutlich schon zwei Gewebe, Parenchym und Leitzellen oder Cambium; diese sind die ersten Wege der Stoffwanderung. Die Parenchymzellen sind rundlich und noch dünnmembranig, weshalb sie der Stoffwanderung hier noch günstig sind. Die Cambiumzellen — das embryonale Leitzellenbündel — sind bereits etwas in die Länge gestreckt, aber alle noch dünnmembranig. (Fig. 38, S. 478.) Aus dem Bildungsherde des Embryo verlaufen sie auch in die Samenlappen.

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band III. S. 158.

Die erste Lebenserscheinung tritt im Würzelchen auf und zwar in dem Bildungslager an dessen Spitze. Im Cotyledon und im Eiweisskörper sind die Bildungsstoffe in diffusible Form, in zellenerzeugende Stoffe verwandelt, sie wandern von hieraus, die Proteinstoffe vorzüglich durch das Cambium, die anderen auch durch's Parenchym — Zucker, gelöste Stärke (Amylogen) — zur Wurzelspitze hin; es häuft sich damit in den Zellen ein Bildungssaft an, worauf Zellentheilung eintritt. Die neugebildeten Zellen, nachdem ihre Membrane fertig gebildet sind, nehmen vermittelst der Eiweissstoffe in grösserer Menge Wasser auf und dehnen sich aus, während die Mutterzellen verschwinden, ihre Membrane sich auflösen und als Intercellularsubstanz die neugebildeten Zellen mit einander verkleben (Schacht); diese Vorgänge treten als Verlängerung und Wachsen des Würzelchen in die Erscheinung. Durch Leitzellen und Parenchym wandern die Bildungsstoffe auch nach der Terminalknospe und den jungen Blättchen, Zellentheilung, Vollsaugung der neuen Zellen unter Verschwinden der Mutterzellen bedingen auch hier eine Ausdehnung der embryonalen Axe und der Blättchen. An allen diesen Bildungsherden geht unter fortdauerndem Zufluss von Bildungsstoffen aus dem Cotyledon oder dem Eiweisskörper Zellentheilung und Zellenausdehnung weiter, nach beiden Seiten verlängert sich die Pflanze und vergrössert die Blättchen. Bei manchen Pflanzen tritt auch eine Vergrösserung der Samenlappen ein, besonders bei solchen, die ihre Samenlappen über die Erde erheben. Diese Vergrösserung scheint aber nur auf einer Ausdehnung der vorhandenen Zellen durch eine endosmosische Wasserströmung zu beruhen, nicht auf Zellenneubildung. Die neugebildeten Zellen nehmen sofort schon ihren eigenthümlichen Charakter an, die zu Leitzellen sich ausbildenden strecken sich etwas in die Länge, die Parenchymzellen bleiben rundlich oder werden unter

Fig. 38.

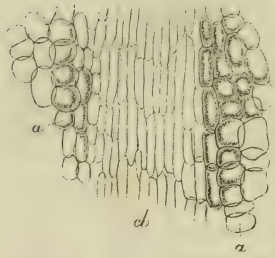


Fig. 38. Partie aus einem Längsschnitt durch den Dattelkeim (a a) Parenchym. (cb) Cambium. (200 Mal vergrössert.)

gegenseitigem Drucke polyedrisch, werden aber ärmer an Eiweissstoffen, welche sich in Form des Primordialschlauches an die innere Wand der Zellenmembran zurückziehen, während Stärke sich in ihnen abgelagert, organische Säuren und Zucker in ihnen sich anhäufen. Einzelne Zellen des cambialen Leitzellenbündels dehnen sich schon bedeutender in der axialen Richtung aus, man sieht, dass sie Gefässe, Bastzellen, Siebzellen u. s. w. werden wollen. Eine andere Partie der Cambiumzellen der Axe, sowohl Wurzel wie Stamm, besonders in letzterem, bleibt in lebhafter Theilung, aber auch die hier neugebildeten Zellen verändern sich zum Theil bald in Parenchymzellen, Holzzellen, Gefässe und bedingen das Dickenwachsthum der jungen Axe. An einzelnen Punkten des Cambiums tritt eine besonders lebhafte Zellentheilung ein, es erhebt sich aus dem Cambium ein warzenförmiges Zellenhäufchen, welches das Parenchym seitlich durchsetzt, die äussere Parenchymzellen- und die Oberhautschicht erhebend, sich verlängert und seitlich als Nebenwürzelchen aus der Wurzel, als Zweig oder Blatt aus dem Stämmchen hervortritt. Diesen Bildungsprocessen im Cambium geht natürlich eine Anhäufung von Bildungsstoffen voraus. Bei der wachsenden Keimpflanze sind die Bildungsstoffe in lebhafter Wanderung begriffen; sie diffundiren aus dem Eiweisskörper und aus den Cotyledonen durch das Cambium vorzüglich, aber auch durch das Parenchym zu den Zellenbildungsherden hin.

Die Blätter entfalten sich, und nun werden grössere Mengen Wasser durch die Pflanze verdunstet. In dem Leitzellenbündel vorzüglich muss eine lebhafte Molecularbewegung eintreten, veranlasst durch die durch die Verdunstung erzeugte Diffusion des Wassers von der Wurzel zu den Blättern. Die schon vorgebildeten Gefässe entwickeln sich, indem die stark verlängerten Cambiumzellen an ihren Enden mit einander verschmelzen; immer lebhafter wird die Diffusionsströmung nach oben; die Wand an den verschmolzenen Gefässzellenenden löst sich auf, die Hohlräume gehen in einander über, bei schnell wachsenden Pflanzen werden die Berührungsstellen auch anderer Zellen wirklich durchbrochen — Siebporenzellen —; in den so durchbrochenen Zellen haben die diffundirenden Stoffe einen bequemeren Weg, sie wandern schneller durch diese Zellen hindurch — kurz die aufwärts nach den wachsenden Terminalknospen der Axe und der Nebenaxen (jungen

Zweigen) sowie der Blätter wandernden Stoffe, nehmen hauptsächlich ihren Weg durch die Gefässe, Siebzellen und durch die Milchsaftgefässe, wo diese zugegen sind. Die Gefässe werden dabei aber bald unthätig, sie verlieren ihren flüssigen Inhalt, wahrscheinlich weil ihre Wandung in den unteren Theilen des Stammes sich verdickt und die Diffusion erschwert, und führen Luft. In den jüngeren Theilen des Stammes und der Wurzel, besonders in den wachsenden Enden sind die Gefässe noch saftführend.

Zellenvermehrung und Vollsaugung der jungen Zellen mit Wasser sind die Hauptmomente des Wachsthums der Pflanze.

In den Blättern der Keimpflanzen tritt schon sehr früh ein anderer eigenthümlicher Vorgang ein. In den Parenchymzellen häufen sich Eiweissstoffe an, das Protoplasma zerfällt in viele Klümpchen, die sich zu gelben Körnern ausbilden; unter dem Einflusse des Lichtes färben diese Körner sich grün und Grünfärbung des Blattes ist die Folge — es ist dies die Chlorophyllbildung. Chlorophyllbildung tritt auch in den Samenlappen derjenigen Pflanzen ein, welche diese über die Erde erheben und sie dem Einflusse des Lichtes aussetzen.

Während sich nach oben die Pflanze entwickelt, bildet sich nach unten die Wurzel aus, aus der Hauptwurzel gehen Nebenwürzelchen hervor, diese entsenden Wurzelfäden; an den fortwachsenden Enden sämmtlicher Wurzeltheile erheben die Oberhautzellen sich zu Wurzelhaaren; und wo die Wurzel mit Nahrungsstoffen in Berührung ist, nehmen die Wurzelhaare und Epiblemazellen anorganische Stoffe auf, welche in die Pflanze hineindiffundiren. Manche der einwandernden Stoffe werden schon Theil nehmen an dem Stoffwechsel und ihren Einfluss auf die Wanderung der Bildungsstoffe (phosphorsaures Kali?) ausüben. Die Assimilation von anorganischen Stoffen tritt wahrscheinlich nicht vor der vollständigen Ausbildung des ersten Blattes ein; wie es scheint, assimilirt das in Entwicklung begriffene Blatt noch nicht (Jul. Sachs).

Mit der Ausbildung des ersten Blattes und der damit in Verbindung stehenden Assimilation tritt die Pflanze in ihre zweite Lebensperiode.

Richtung der Axe. Wir haben hier noch einer eigenthümlichen Erscheinung des Wachsens der Pflanzen zu erwähnen, nämlich das Streben der Hauptaxe nach senkrechter Richtung so-

wohl schon bei der Entwicklung der embryonalen Axe als auch bei der älteren Pflanze. Mögen Samen liegen wie sie wollen, immer geht die Wurzel nach unten, der Stammtheil der Axe nach oben. Lässt man einen Samen auf Quecksilber keimen, so dringt das Würzelchen in das Quecksilber ein; klebt man einen durchfeuchteten Samen auf ein feuchtes Papier, welches man mit der freien Seite an die Zimmerdecke anklebt, so geht trotzdem das Würzelchen nach unten. Diese Erscheinung hat den älteren Physiologen schon viel Denkens verursacht, sie wurde von ihnen meistens als eine Wirkung der Schwere angesehen. Knight brachte Samen auf einem Rade, was in schneller Umdrehung erhalten wurde, zum Keimen; bei 150 Umdrehungen in der Minute richtete das Würzelchen sich nach der Peripherie des Rades, das Stengelchen aber nach der Axe. Er glaubte, dass die Centrifugalkraft die Einwirkung der Schwere aufhebe. Bei geringerer Umdrehungsgeschwindigkeit eines horizontal liegenden Rades machte die Wurzel einen Winkel mit der Horizontalebene des Rades; Knight sah diese Richtung als die Resultirende der Schwerkraft der Erde und der Centrifugalkraft des Rades an. Der oberirdische Stengel wächst nach oben und ebenfalls wachsen die Aeste nach oben, mit der Hauptaxe einen Winkel bildend, während in der Regel die Nebenwurzeln stärkerer Pflanzen, der Bäume z. B. nach unten wachsen. Bei manchen Pflanzen giebt es indess nach unten wachsende, hängende Zweige, so bei der Trauereesche. Die Nebenwurzeln vieler krautartigen Pflanzen wachsen horizontal oder gar nach oben, was man häufig bei dichtstehendem Klee sieht (Trifolium sativum). Die Wurzelfäden haben keine besondere Richtung, sie wachsen nach allen Richtungen. Ob die Schwerkraft nun wirklich die Ursache des senkrechten Niedergehens der Wurzel ist, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Es ist jedenfalls zu bedenken, dass gerade die Hauptmasse der Wurzeln diese Richtung nicht hat, manche Nebenwurzeln sogar nach oben wachsen. Bei dem Mistelsamen, wenn er an der untern Seite eines Astes klebt, geht die Wurzel nach oben, klebt er an der oberen Seite, so geht sie nach unten. Schleiden sagt hierüber: „Manche haben hier von einer Wirkung der Schwerkraft gesprochen, ohne damit mehr zu beweisen, als ihre eigene physicalische Unwissenheit. Viel wahrscheinlicher liegt der Grund in eigenthümlichen chemischen Unterschieden in der Wurzel und im Stengel,

wodurch jene gezwungen sind vorzugsweise dahin zu wachsen, von wo aus sie ernährt werden, jene dahin, wo ihre Ausdünstung am lebhaftesten ist. Indess wissen wir, wie gesagt, hier durchaus nichts, was sich einigermaassen begründen liesse.“ Es scheint hiernach die Richtung auf Ernährungsverschiedenheiten zurückgeführt werden zu müssen. Wie das Licht durch Ernährungsänderungen die Axe von der Verticalen abzulenken vermag, habe ich bereits früher besprochen.

Die Zeit des Keimens. Wenn die Bedingungen des Keimens gegeben sind, keimt der Same zu jeder Zeit. In den tropischen Wäldern tritt nach der Fruchtreife und dem Abfallen des Samens auch sofort die Keimung ein; selbst bei vielen unserer Bäume ist dies der Fall; die Samen von Weiden, Pappeln und Ulmen keimen, sobald im Sommer die Samen zur Erde gelangen; der Weidensame schickt schon nach 12 Stunden seine Würzelchen hervor, verliert aber, wenn er trocken gelegt wird, innerhalb 12 Tagen seine Keimkraft. Wie schon bemerkt, verliert der Same des Kaffeebaumes sehr schnell seine Keimkraft; er keimt nur im frischen Zustande. Ueberhaupt scheinen alle Samen mit hornigem Eiweisskörper gleich nach der Reife, solange wie sie noch von Feuchtigkeit durchdrungen sind, zur Keimung gelangen zu müssen; sind sie einmal ausgetrocknet, so ist auch ihre Keimkraft dahin. Manche Samen warten nicht einmal bis sie von ihrer Mutterpflanze abgefallen sind; es sind dies Samen mit fleischigter Fruchthülle, die innerhalb derselben zur Keimung gelangen. Der Same von Persia gratissima sendet, wenn das ölhaltige Fruchtfleisch weich wird, noch am Baume hängend eine lange Wurzel aus, die im weichen Fruchtfleische zahlreiche Nebenwurzeln treibt. Der Same unserer Mistel keimt gleichfalls schon innerhalb der noch auf dem Zweige sitzenden Beere. Das Keimen der Cerealiensamen auf den Halmen bei andauernd regnerischer Witterung ist eine dem Landwirthe nicht willkommene Keimungsfreiheit dieser Samen.

Die Samen von vielen krautigen Pflanzen keimen zwei Mal im Jahre, so das Bilsenkraut im Frühjahre und Herbste. Die meisten Unkrautsamen kommen im Sommer zur Reife, gelangen sie dann auf trocknen Boden, so verlieren sie ihre Keimfähigkeit, doch diese geht auch oft dadurch verloren, dass die Temperatur die obere Grenze der Keimungstemperatur der Samen übersteigt. Samen, die zu einer Zeit reifen, wo die untere Grenze ihrer

Keimungstemperatur nicht mehr herrscht, bleiben solange ruhend liegen, bis diese wieder eintritt, sei es im Boden oder im Wasser (bei Wasserpflanzen). Der Beginn der Keimungszeit fällt für die Mehrzahl der Gewächse unserer Zone in den Frühling.

Gelangen Samen zur Keimung zu einer Zeit, wo die Bedingungen des Wachsens nicht gegeben sind, so gehen sie leicht zu Grunde. Die richtige Benutzung der passenden Keimungszeit, bedingt hauptsächlich durch augenblickliche und die Temperatur der nachfolgenden Zeit, ist ein Hauptmoment der Pflanzencultur.

Der Samenwechsel. Es ist eine Thatsache, dass die in der einen Gegend gezogenen Samen in einer gewissen anderen Gegend reichere und lohnendere Erträge liefern als die einheimischen Samen; so oft aber auch dieses Thema in den landwirthschaftlichen Zeitschriften besprochen worden ist, scheint die physiologische Seite desselben doch nicht die rechte Würdigung gefunden zu haben, und mag das die Ursache sein, dass gar Mancher die Vortheilhaftigkeit des Samenwechsels in Zweifel zog. Zwei physiologische Momente scheinen mir die wissenschaftliche Grundlage des Samenwechsels zu sein: erstens, es drückt die Entwicklung des Keimpflänzchens dem späteren Wachsthum der Pflanze einen bestimmten Charakter auf; zweitens, die jeder Art oder Varietät eigene, durch klimatische Verhältnisse erzeugte Vegetationseigenthümlichkeit strebt die Pflanze auch unter anderen klimatischen Verhältnissen beizubehalten.

Es ist bekannt, dass die Levkoyensamen aus ein und derselben Schote Pflanzen von verschiedenem Vegetationscharakter geben; aus den flachen glänzenden Samen wachsen hochaufgeschossene Pflanzen mit einfachen Blüthen, aus den runzeligen, verkrüppelt aussehenden Samen niedere Pflanzen mit meist gefüllten Blüthen hervor. Offenbar ist hier die Ernährung der Keimpflanze die Ursache der verschiedenen Vegetationsthätigkeit; in dem runzeligen Samen sind weniger organische Bildungsstoffe aufgespeichert, wodurch die sich entwickelnde Keimpflanze kümmerlicher ernährt wird und schlechter wächst, und welcher Umstand auch auf die spätere Entwicklung von Einfluss sein muss. Am Rheine zieht man den Hafer des Gebirges (Eifel) dem Hafer der Ebene als Saatgut vor und liefert derselbe in den Ebenen auf gutem Boden reichere Körnererträge. In England hat man die Erfahrung gemacht, dass der Weizen von armem Boden auf reichem Boden

einen grösseren Körnerertrag giebt. Es erklären sich diese Erscheinungen wohl nur dadurch, dass die Samen von ärmerem Boden weniger organische Nährstoffe und vielleicht besonders wenig Proteinsubstanzen aufgespeichert haben und die Keimpflanze schlechter ernährt wird und sich unvollkommener entwickelt, in Folge dessen bei der späteren Entwicklung die Samenbildung vorzugsweise begünstigt wird. Bei den Gespinstpflanzen liebt man die vollkommen entwickelten nährstoffreichen Samen, den italienischen Hanfsamen in Baden, den liefländischen Leinsamen im mittleren Deutschland sowie auch am Rhein; hier scheint die bessere Ernährung der Keimpflanze eine üppigere Entwicklung des Stengels mit geringerer Neigung zur Samenentwicklung, hoch aufschiessende Stengel, zur Folge zu haben. Zweijährige Melonen- und Gurkensamen liefern eine weniger stengel- und blattüppige, aber früchtereiche Pflanze, wohingegen aus frischen Samen früchtearme Pflanzen mit üppiger Stengel- und Blattentwicklung hervorwachsen. Aehnliches will man auch bei den Hülsenfrüchten beobachtet haben. Auch in diesen Fällen scheint die Ernährung der Keimpflanze eine kümmerliche zu sein, weil vielleicht in den zweijährigen Samen gewisse organische Nährstoffe chemische Veränderungen erlitten haben, wodurch sie zur Ernährung der Keimpflanze unfähig gemacht werden, vielleicht die eiweissartigen Stoffe; ich erinnere daran, dass mit dem Alter die Keimfähigkeit abnimmt. Die schlechte Entwicklung der Keimpflanze drückt dann auch ihren Stempel auf die spätere Entwicklung der Pflanze; es werden weniger Stengeltheile erzeugt, dafür aber wird ein grösserer Theil der erzeugten organischen Stoffe auf die Entwicklung der Frucht verwendet.

Ein physiologisches Verständniss dieser Erscheinungen haben wir noch nicht gefunden, doch liesse sich vielleicht die folgende Ansicht rechtfertigen. Ein Same, welcher reich an organischen Nähr- oder Bildungsstoffen, besonders wenn er reich an Proteinsubstanzen ist, entwickelt eine kräftige Keimpflanze, bei welcher Entwicklung, wie bei allen Pflanzen, ein Hauptgewicht auf die Wurzel fällt. In einer reichlich ernährten Keimpflanze entwickelt sich zuerst die Wurzel ganz vorzüglich. Die kräftige Entwicklung der Wurzel aber hat schon vom Anfange an eine grössere Aufnahme von anorganischen Stoffen aus dem Boden zur Folge und sobald die Assimilation bei der jungen Pflanze eintritt, ist die

Bildung organischer Substanz eine reichliche. Hierdurch entwickelt sich die junge Pflanze üppig, es häufen sich in ihr organische Bildungsstoffe in grösserer Menge an, es entwickelt sich bei dem Weizen z. B. in dem Keimlager des zweiten Knotens die Anlage zu vielen Halmen, die Halme kommen zur Entwicklung, nehmen zu ihrer Ausbildung eine grössere Menge Kohlenhydrate in Anspruch und letztere können sich nicht in dem Maasse anhäufen, dass sich die Samen vollkommen zu entwickeln vermögen, oder es findet die so üppig entwickelte vielhalmige Pflanze im Boden zu wenig Nahrung, um alle Halme zur Blüthe und Frucht bringen zu können. Bei den Cucurbitaceen und den Leguminosen bilden sich in den jungen an Bildungsstoffen reichen Pflanzen eine grössere Zahl von Seitenzweigen, deren Ausbildung eine grössere Menge von Bildungsstoffen in Anspruch nimmt und zu einer reichen Blüthe- und Samenentwicklung zu wenig Bildungsstoffe übrig lässt, insbesondere dann aber, wenn der Boden zu wenig Nahrungsstoffe liefert, um der Pflanze auch in späteren Entwicklungsperioden das Material zur Fortsetzung ihres üppigen Lebens zu liefern. Ganz anders verhält sich die Sache aber, wenn in der jungen Pflanze die Entwicklung nicht zu üppig ist, wenn bei den Cerealien weniger Halme, bei den Leguminosen weniger Seitenzweige angelegt werden; die wenigen Halme oder Seitenzweige gelangen bald zur Ausbildung, die gebildeten organischen Stoffe concentriren ihre Wirkung in der Ausbildung der angelegten Organe, diese entwickeln sich weiter, die Blüthen und die Frucht finden Stoffe genug, um sich auszubilden, der Boden ist reich genug, um der weniger üppigen Pflanze in genügender Menge anorganische Nährstoffe zu liefern. Bei Pflanzen, deren Stengel- und Blattentwicklung eine üppige sein soll, bei welchen wir auf Samenentwicklung verzichten, da werden die in der Jugend sich üppig entwickelnden Pflanzen das meiste leisten.

Eine Pflanze, welche sich schon in der Jugend üppig entwickelt und blätterreich wird, nimmt durch die Blätter und die Wurzeln schon früh eine grössere Menge Nährstoffe auf und erzeugt organische Bildungsstoffe in reichlicher Menge, welche letztere ihrerseits wieder zur Erzeugung von Blättern beitragen; eine in der Jugend üppig entwickelte Pflanze wird auch in späterer Zeit, wenn der Boden die Nährstoffe in genügender Menge bietet, sich immer üppiger entwickeln und lange Zeit neue

Blätter und Stengeltheile erzeugen. Wie ich aber später zeigen werde, hält die Bildung der stickstoffhaltigen Substanz und der Kohlenhydrate in dem verschiedenen Alter der Blätter nicht gleichen Schritt: die jungen Blätter erzeugen mehr eiweissartige Stoffe; in den älteren Blättern tritt aber die Bildung jener zurück und die Bildung der Kohlenhydrate bekommt die Oberhand. Bedenkt man nun, dass die Gegenwart stickstoffhaltiger Substanz vorzugsweise die Zellenvermehrung und Organbildung anregt, so erklärt es sich leicht, dass eine vom Keimling an reich ernährte und stets sich üppig entwickelnde Pflanze auch ihre ganze Thätigkeit in der Organbildung — Stengel- und Blattbildung — concentriren muss. Zur Ausbildung der Samen ist die Gegenwart einer grösseren Menge von Kohlenhydraten nöthig; die durch die Gegenwart einer grösseren Menge von stickstoffhaltigen Substanzen veranlasste stärkere Organbildung consumirt aber die Kohlenhydrate (da diese ja auch zur Organbildung nöthig sind) in solcher Menge, dass kein Ueberschuss für die Ablagerung derselben in den Samen verbleibt. Da also, wo der Zweck der Cultur Samenerzeugung ist, muss die Pflanze in ihrer Jugend nicht zu reichlich ernährt werden; die Entwicklung der Blätter ist dann eine langsamere, die Proteinstoffbildung im Allgemeinen eine geringere; und während die Blätter nur langsam neu erzeugt werden, kommen die älteren über das Stadium der lebhafteren Proteinstoffbildung hinaus, so dass bald die Hauptthätigkeit der Pflanze auf die Kohlenhydratbildung fällt. Ob diese Ansicht, welche viel Wahrscheinlichkeit besitzt, sich begründen lassen wird, muss durch entsprechende Vegetationsversuche entschieden werden.

Wenn die Vegetationszeit einer Gegend für eine gewisse Pflanze zu kurz ist, d. h. wenn die Entwicklungsstadien einer Pflanze so langsam verlaufen, dass die Reife nicht frühzeitig genug eintritt, so würde man mit Erfolg den Samen derselben Art oder Varietät aus einer Gegend beziehen, wo die Entwicklung der Pflanze sich schneller abwickelt, wo alle Entwicklungsstadien näher zusammengedrängt sind. Gewöhnlich finden wir diese kürzere Vegetationsperiode der Pflanzen in heisseren aber trocknen Gegenden. Diese Vegetationseigenthümlichkeit behält die Pflanze auch in einer anderen Gegend bei, wenigstens einige Generationen hindurch. Derartige Pflanzen werden sich bald den neuen klima-

tischen Verhältnissen accommodiren und ist es deshalb nöthig, von Zeit zu Zeit neuen Samen zu beziehen.

Dem Vorstehenden zufolge muss also das Princip des Samenwechsels sein, wenn man die Samenbildung befördern will, die Entwicklung der jungen Pflanze dadurch zu beschränken, dass man Samen, die weniger reich an organischen Bildungsstoffen, namentlich an Proteinsubstanzen, die also weniger vollkommen, jedoch normal entwickelt sind, zur Saat verwendet, Samen von ärmerem Boden, oder bei Hülsenfrüchten auch ältere Samen; da aber, wo man eine üppige Entwicklung des Stengels und der Blätter wünscht, muss man vollkommen entwickelten und jungen Samen zur Saat benutzen.

Der Samendünger. Die Wurzelentwicklung ist abhängig von dem Nährstoffgehalte des Bodens, die Entwicklung und Massenproduction der Pflanze aber von der Ausbreitung der Wurzel und reichlichen Bildung von Nebenwurzeln und Wurzelfäden. Je mehr Wurzelfäden eine Pflanze in den Boden entsendet, um so mehr Organe der Aufnahme hat sie an den verschiedensten Punkten des Bodens, um so mehr Stoffe nimmt sie auf und assimilirt sie. Die spätere Entwicklung und Ausbildung der Pflanze ist vielfach abhängig von der ersten Entwicklungsperiode. Die junge noch mit wenig Wurzeln versehene Pflanze kann natürlich auch nur wenig Nährstoffe aufnehmen; die Assimilation ist schwach, es werden die zellenerzeugenden Stoffe nur in geringer Menge gebildet, Blätter- und Stengelentwicklung ist schwach; mit der kleineren Gesammtblattfläche der Pflanze ist nicht nur die Aufnahme der Kohlensäure eine geringere, auch wird die Verdunstung und damit Ammoniakbildung eine schwächere sein: kurz die junge Pflanze entwickelt sich nur langsam und, indem die Organe der Aufnahme nicht weiter entwickelt sind, kann auch die Massenproduction der älteren Pflanze keine bedeutende sein. Ist das Wurzelwerk der jungen Pflanze ein bedeutendes, so ist die Aufnahme aus dem Boden eine grössere, und im Verein mit den durch die Blätter aufgenommenen Stoffen ist die Assimilation bedeutender, es werden grössere Mengen organische Bildungsstoffe erzeugt, mit ihnen vermehrt sich Blatt- und Wurzelwerk und eine immer grösser werdende Aufnahme von Nährstoffen und eine immer bedeutender werdende Assimilation und Organbildung, also bedeutendere Massenproduction ist die Folge davon.

Bei den Culturpflanzen werden wir deshalb für eine reichliche Wurzelentwicklung der jungen Pflanze zu sorgen haben, besonders aber bei Pflanzen, die in ihrem Samen wenig Bildungsstoffe aufgespeichert haben und welche schon sehr früh auf die Aufnahme von Nährstoffen aus dem Boden und Bildung organischer Stoffe angewiesen sind. Der Samendünger tritt hier nun hauptsächlich an seine richtige Stelle. Es ist dabei aber wohl zu beherzigen, was früher bei dem Samenwechsel gesagt worden ist. Durch Samendünger würde man in einem an sich schon reichen Boden eine in Stengel und Blättern üppige Pflanze erzeugen, deren Samenentwicklung nur unvollkommen sein würde. Auf einem ärmeren Boden dürfte der Samendünger vielleicht eher in Anwendung zu bringen sein, weil hier das üppige Wachsthum der jungen Pflanze nicht so lange fortdauert, dass Nachtheile für die Samenentwicklung zu befürchten sind. Der nachfolgend beschriebene Versuch, welchen ich im Jahre 1860 angestellt habe, wird den Einfluss des Samendüngers auf die Wurzelentwicklung klarer machen als viele Worte.

Drei grosse Blumentöpfe wurden mit einem an sich nahrungsstoffarmen sandigen Lettenboden, in jüngerer Zeit an den Ufern eines Baches abgelagert, gefüllt. Der erste Topf (I.) erhielt ungedüngte Erde; die Erde des zweiten (II.) und dritten (III.) wurde mit Guano vermischt. In jeden der Blumentöpfe legte ich am 4. April, und zwar in gleiche Tiefe, 3 Weizenkörner, wovon die des dritten Topfes mit einem Brei von Erde, der etwas Guano beigemischt worden war, umgeben wurden. Die Töpfe standen in einem Garten, den Licht- und Witterungsverhältnissen gleichmässig ausgesetzt; sie wurden bei trocknem Wetter mit Wasser begossen, so aber, dass auf jeden der Töpfe eine gleiche Menge Wasser kam. Im ersten und dritten Topfe kamen alle drei Körner auf, im zweiten Topfe jedoch nur Eine Pflanze. Anfang Juni liess ich die Erde in den Töpfen austrocknen, nahm sie mit den Pflänzen heraus, weichte die Erde auf und spülte sie durch langsames Aufpumpen von Wasser von den Wurzeln ab. Die Erde mit den Pflanzen in einem Siebe liegend, ging die Operation mit der ausgezeichnetsten Erhaltung des Wurzelwerkes von Statten.

I. Pflanze A hatte 2 schmächtige Halme gebildet; aus dem ersten Wurzelknoten hatten sich 4 (also die ersten aus dem Keimpflänzchen hervorgegangenen Nebenwurzeln) aus dem Keimlager

des zweiten Wurzelknotens*) (dicht unter der Oberfläche) 2 schmächtige aber wurzelfädenreiche Nebenwurzeln entwickelt. Die Pflanze B. 1 Halm, die Wurzeln wie bei A. Die Pflanze C. 1 Halm, 3 Nebenwurzeln aus dem ersten und 2 aus dem zweiten Knoten, alle Wurzeln schmächtig, wenn auch nicht wurzelfädenarm. In dem ungedüngten Boden blieb die ganze Pflanze, also Halm mitsammt der Wurzel, durchaus kümmerlich.

II. Die Pflanze in Wurzeln, Halm und Blättern bedeutend kräftiger wie bei I. Es war in diesem Topfe jedoch nur Eine Pflanze aufgekommen; Ein Samen hatte gar nicht gekeimt, die zweite Pflanze war bald nach ihrem Hervortreten zu Grunde gegangen. Die aufgekommene Pflanze hatte 3 kräftige Halme; aus dem ersten Knoten waren 4 und aus dem zweiten Knoten 6 starke sehr wurzelfädenreiche, ausserdem noch 4 schmächtigere weniger wurzelfädenreiche Nebenwurzeln hervorgetreten. Die Guanodüngung hatte hier mithin auf die Wurzelentwicklung einen ausgezeichneten Erfolg. Die Pflanzenmasse dieser Einen Pflanze war sechs Mal so gross als die der drei Pflanzen aus dem Topfe I. zusammen. (Gewogen wurde, nachdem die Pflanzen schon zwei Tage gelegen und einen grossen Theil ihres Wassers verdunstet hatten.)

III. Alle drei Pflanzen waren üppig und stark. Pflanze A. hatte 9 grössere und 7 kleinere noch unentwickelte Halme. Der erste Wurzelknoten besass 4 schmächtige, der zweite 15 starke Nebenwurzeln. Pflanze B. besass 19 Halme; der erste Wurzelknoten war nicht mehr wiederzufinden, aus dem zweiten waren 14 starke und 4 schmächtigere Nebenwurzeln hervorgetreten. Bei Pflanze C. zählte ich 17 Halme und an dem ersten Wurzelknoten 6 schmächtige, an dem zweiten 16 meist kräftige Nebenwurzeln, ausserdem noch einige unverzweigte Nebenwurzeln, welche als Luftwurzeln aus dem dritten dicht über der Erde befindlichen Wurzelknoten hervorgetreten waren und sich in die Erde einsenkten. Dass aus diesem Wurzelknoten auch verzweigte Nebenwurzeln hervorgegangen waren, versteht sich von selbst. Alle Wurzeln, ganz vorzüglich aber die aus dem zweiten Knoten hervorgetretenen Nebenwurzeln, waren so überreich an Wurzelfäden,

*) Unter „zweiter Wurzelknoten“ will ich hier den dicht unter der Erde liegenden zweiten und den dicht über der Erde liegenden dritten Knoten zusammenfassen.

dass der ganze Topf von Wurzeln ausgefüllt zu sein schien und am Boden desselben sich ein bedeutender nicht zu entwirrender Wurzelfilz gebildet hatte. Die erzeugte Pflanzenmasse war ganz enorm, sie überstieg das 11—12fache der Pflanzenmasse im Topfe II., oder jede einzelne Pflanze im Topfe III. war viel schwerer wie die im Topfe II. gewachsene Pflanze. (Die Zahlenangaben sind unzuverlässig, weil die Trockenmasse nicht bestimmt wurde.) Uebrigens würde die Erzeugung der Pflanzenmasse im Topfe III. noch grösser gewesen sein, wenn das Blattwerk nicht so dicht gewesen, die Pflanzen mehr Raum zur Ausbreitung gehabt hätten.

Auffallend ist, dass die Zahl der Nebenwurzeln, wenn man die sämmtlichen schmächtigen Nebenwurzeln aus dem ersten Knoten für eine Nebenwurzel rechnet (in ihrer Masse entsprechen sie auch nur Einer Nebenwurzel aus dem zweiten Knoten), der Zahl der Halme entspricht. Pflanze A. hatte 9 + 7 = 16 Halme, 15 + 1 = 16 Nebenwurzeln; B. 19 Halme, 14 + 4 + 1 (erster Wurzelknoten, nicht wieder gefunden) = 19 Nebenwurzeln; C. 17 Halme, 16 + 1 Nebenwurzeln. Dieses Verhältniss habe ich in der Natur bei den Cerealien ebenfalls häufig gefunden.

Der Samendünger verbreitet sich in die nächste Umgebung des Kornes, die junge Wurzel findet eine reiche Nährstoffquelle, nimmt schon als Keimpflanze in grösserer Menge Nährstoffe auf; sobald sie in die zweite Periode eingetreten, kann sofort die Assimilation eine bedeutendere sein und ihr folgt eine üppige Ausbildung von Wurzel und Blatt, eine grössere Massenproduction.

Bei der Herstellung des Samendüngers wird man aber den Zweck der Cultur nicht ausser Acht zu lassen haben. Wollte ich Cerealien ziehen, so würde bei einem an stickstoffhaltigen Nährstoffen und Schwefelsäure reichen Boden, der blatttreibende Samendünger nur in sehr geringer Menge gegeben werden dürfen, unter Umständen vielleicht gar nicht, da allzu üppige Blattbildung der Körnerbildung schadet. In einem Boden dagegen, in welchem die Stickstoff-Schwefelnahrung erschöpft, Phosphorsäure-Nahrung hingegen in grösserer Menge zugegen ist, würde ein blatt- und wurzeltreibender Samendünger am Platze sein. Wahrscheinlich in jedem armen Boden wird man den Samendünger in Anwendung bringen dürfen, denn man erzeugt dadurch eine üppigere Entwicklung und grössere Verbreitung des Wurzelwerks, man sendet mehr aufnehmende Organe (Wurzelfäden) in den Boden hinein.

Der Samendünger kann auch eine andere Bedeutung in der Pflanzencultur haben. Wenn nämlich klimatische Verhältnisse verlangen, dass die junge Pflanze schnell einen gewissen Grad der Entwicklung erreichen muss, wenn sie z. B. als stark entwickelte Pflanze in den Winter kommen muss, oder wenn sonstige Verhältnisse ein schnelles Wachsthum der jungen Pflanze wünschenswerth machen, wie bei Raps. Stoppelrüben u. s. w. die Erdflöhe, so würde der Samendünger mit Erfolg zu benutzen sein. In Gegenden, wo die Erdflöhe dem jungen Raps, jungen Gemüsepflänzchen, den jungen weissen Rüben schaden, wird man sie durch Samendünger schnell über jenes Stadium der Entwicklung hinaus bringen, in welchem ihnen die Insecten schädlich sind.

Das Vorstehende mag genügen, um zu zeigen, dass der Samendünger eine grosse Bedeutung in der Pflanzencultur hat und einer grösseren Aufmerksamkeit werth ist, als ihm bisher geschenkt wurde. Wir wissen bis jetzt noch wenig über seine Anwendung und möchte ich ihn deshalb den Landwirthen zum Studium empfehlen. Freilich darf man nicht an den Samendünger die Forderung stellen, dass er die gewöhnliche Düngung ersetzen solle, worauf gewöhnlich die marktschreierischen Anpreisungen des Samendüngers hinauslaufen; er hat seine Bedeutung nur in der Entwicklung der jungen Pflanzen und der vermehrten Erzeugung von Aufnahmeorganen für die Nährstoffe.

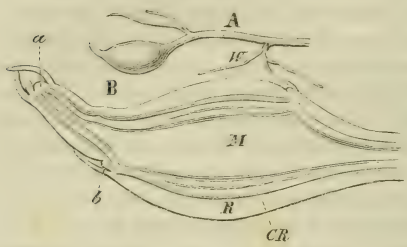
Knospung und Sprossung.

Wenn bei perennirenden Pflanzen der oberirdische Stengeltheil abstirbt, so entwickelt sich beim Beginn der nächsten Vegetationsperiode aus dem in der Erde gebliebenen Pflanzentheil eine neue Pflanze. Die auf diese Weise entstehende Pflanze ist in ihrem jugendlichen Zustande wohl nicht als eine Keimpflanze anzusehen, doch verhält sich ihre Ernährung der Ernährung der Keimpflanze in sofern gleich, als sie als erste Nahrung nur organische Bildungsstoffe erhält. Diese erste Nahrung ist häufig in eigenst ausgebildeten Reservestoffbehältern aufgespeichert. Entweder sind es unterirdische Stammknospen, woraus die junge Pflanze sich entwickelt (Knospung), oder sie erscheint als Wurzelausschlag (Sprossung.)

An den unterirdischen Stengelgliedern — Rhizomen —, mögen

sie knollig entwickelt sein (Kartoffeln) oder einfache Rhizome (Gräser, Spargel) darstellen, sind Blätter zur Entwicklung gekommen, die freilich hier nur in schuppenförmiger Gestalt (Fig. 39) erscheinen; in dem Winkel dieser Blätter, welchen sie mit dem Stengel machen, in der Blattaxel tritt schon in der letzten Zeit der vollen Lebensthätigkeit der Pflanze, gewöhnlich zur Zeit der völligen Ausbildung des Rhizoms oder der Knolle durch Zellentheilung eine Knospenbildung ein; von dem Aufhören der Vegetationsperiode an schlummern diese Knospen bis zum Beginn der neuen Vegetationsperiode; jetzt tritt in ihnen ein lebhafter Zellenbildungsprocess ein und einzelne derselben entwickeln sich zu einem aufwärts strebenden Stengel, erzeugen Blätter, kurz bilden eine neue Pflanze. Es ist diese Entwicklung vollkommen gleich der Entwicklung des Stammes aus der Terminalknospe der Plumula des Keimes, aus dem Vegetationspunkte; auch in der Knospe befindet sich ein solcher Vegetationspunkt, in welchem durch rege Zellenbildung die Verlängerung der Axe erfolgt, seitlich entwickeln sich aus dem Cambium Blätter, gerade so wie bei der Keimpflanze. Während nun nach oben ein neuer Stammtheil auswächst, entwickeln aus derselben Axelknospe sich nach unten Nebenwurzeln.

Fig. 39.



Bei den zwiebelartigen Gewächsen entwickeln sich an der unterirdischen aufwärts wachsenden Axe dicht über einander stehende schalige fleischigte Blätter, in welchen organische Bildungsstoffe, meist Zucker und eiweissartige Substanz, auf-

Fig. 39. (A) eine ganz junge Kartoffelknolle: (W) die aus der Axel eines schuppenförmigen Blattes hervortretenden Wurzeln des unterirdischen Zweiges. (B) ein vergrösserter Längsschnitt durch die Mitte einer jungen Knolle: (a) die Endknospe der Knolle: (b) eine Axelknospe: (CR) Cambiumring: (M) Mark: (R) Rinde. (6 mal vergrössert.)

gespeichert sind; auch in den Winkeln dieser Blätter bildet sich eine Knospe, die sich gewöhnlich schon während der kräftigsten Lebensthätigkeit der Pflanze zu einer neuen jungen Zwiebel — Brutzwiebel — ausbildet. In dieser letzteren ruht der Trieb für die nächste Vegetationsperiode; aus der Terminalknospe dieser Zwiebel bildet sich die neue Pflanze hervor.

Pflanzen, die über die Erde hinlaufende Seitenzweige — Stolonen — treiben, können aus den Blattaxeln ebenfalls neue Pflanzen entwickeln, indem die Axelknospe sich zu einem Stengel ausbildet und nach unten in die Erde Wurzeln entsendet. Es ist hier die Entwicklung der jungen Pflanze nicht anders als bei dem Rhizom.

Die Sprossung studirt sich wohl am besten bei der Runkelrübe. Nachdem in der Wurzel die Bildungsstoff-Ablagerung erfolgt ist und die Blätter, gewöhnlich im Herbst, absterben, bildet sich in dem Parenchym des Blattkopf-Centrum, im sogenannten Herzen, eine Stammknospe, welche im nächsten Frühjahre zu einem oberirdischen Stengel auswächst, welcher seitlich Blätter entwickelt; gleichzeitig treten die jungen Leitzellen- oder Gefässbündel der Stammknospe mit den älteren in den Rübenkörper hinabgehenden Gefässbündeln in Verbindung. So ähnlich verhalten sich alle sprossenden Pflanzen. Ein Absterben der Blätter ist indess nicht immer nöthig; bei den Gemüsepflanzen bleiben die Blätter und sie sind sogar der Nährstoffbehälter für den aufsprossenden Stengel.

Die chemischen Veränderungen, welche in dem Bildungsstoffbehälter — Knolle, Rübe, Blatt — auftreten, bestehen in einer Verflüssigung der ungelösten Stoffe. Stärke verwandelt sich in ihre lösliche Modification (Amylogen), Eiweissstoffe werden in einem höheren Grade diffusibel, Zucker und Gummi gehen in die gelöste Stärkemodification über und diese wird an einzelnen Stellen im Parenchym in Körnerform ausgeschieden. Nachdem in den Parenchymzellen des Bildungsstoff-Behälters die Verflüssigung und Stoffwandlung stattgefunden oder während sie da stattfindet, diffundiren die gelösten Stoffe in die sich entwickelnde Pflanze hinein, die Eiweissstoffe durch die Leitzellen, die übrigen vorzugsweise durch die Leitzellen, aber gewöhnlich auch durch das Parenchym, so dass sie aus dem Parenchym der Wurzel direct in's Parenchym des aufschiessenden Stengels übergehen.

Die Ausbildung der jungen Pflanze und ihre Ernährungserscheinungen sind ganz dieselben wie bei der Keimpflanze, wir brauchen deshalb nicht näher darauf einzugehen; was bei dieser der Eiweisskörper und Cotyledon ist, das ist bei jenen die Knolle oder das einfache Rhizom, die Blätter — unterirdische bei den Zwiebelgewächsen, oberirdische bei Kohl, Salat — die Wurzel (Runkelrübe, Brassica-Rübe, Möhre).

Mit der vollständigen Ausbildung des ersten Blattes der durch Knospung und Sprossung entstehenden jungen Pflanze treten auch diese Gewächse in die zweite Lebensperiode ein.

Die Zeit der Knospung und Sprossung ist, nachdem die Bildung und Anhäufung von organischen Bildungsstoffen — Reservestoffen — und deren Behälter ihren höchsten Grad erreicht hat, wohl nur an das Vorhandensein der dazu nöthigen Temperatur und Feuchtigkeit gebunden. Pflanzen mit Blatt-Reservestoff-Behälter zeigen oft schon in der ersten Vegetationsperiode Neigung zur Bildung des Fruchtstengels. Die Gärtner beobachten dieses zu ihrem Leidwesen oft genug an dem Salat und an den Kohlpflanzen. Gewöhnlich erfolgt die vollständige Ausbildung der reservestoffbildenden Pflanze erst spät in der Vegetationsperiode, wo die Bedingungen zur Entwicklung des blühenden Stengels — Runkelrübe — oder zur Entwicklung einer neuen Pflanze aus den Axelknospen des Rhizoms oder der Knolle nicht mehr gegeben sind. In diesem Falle überwintern die Knospen mit den Bildungsstoff-Behältern und bei dem Eintritt der nöthigen Temperatur und Feuchtigkeit im nächsten Frühjahre entwickeln sich die Knospen.

Das Wachsthum.

Die Hauptmomente dieser Periode sind Assimilation und Stoffwechsel, Nährstoffaufnahme und Organbildung — Wachsen —. Mit der vollständigen Ausbildung des Blattes, wenn es nämlich durch Zellenvermehrung nicht mehr wächst, tritt bei ihm die Assimilation der anorganischen Nährstoffe ein. Wie ich früher bemerkt und an Turnips gezeigt habe, nimmt das Keimpflänzchen, sobald seine Wurzeln sich mit Wurzelhaaren bedeckt haben, anorganische Stoffe durch die Wurzeln auf, auch mag das Blatt Kohlensäure und Ammoniak aufnehmen; so lange wie das Blatt aber noch nicht ausgebildet ist, tritt keine Verarbeitung dieser Stoffe ein. Pflanzen

deren Samen nur eine geringe Menge von organischen Bildungsstoffen aufgespeichert haben, machen, wenn die Bildungsstoffe aufgezehrt sind, einen Stillstand im Wachsthum, so z. B. der Raps; die Assimilation in den Blättern ist um diese Zeit noch zu unbedeutend, um Bildungsstoffe genug zum Wachsthum zu liefern. Bei Samen mit einem grösseren Gehalte an Bildungsstoffen gehen Keimpflanze und assimilirende Pflanze ohne auffallenden Wachsthumsstillstand in einander über; während die ersten Blätter schon ausgebildet sind und assimiliren, werden die noch vorhandenen Bildungsstoffe des Samens oder der Knolle zur Bildung neuer Blätter u. s. w. verwendet; Entwicklung jüngerer Blätter und Assimilation in älteren Blättern sind hier gleichzeitige Erscheinungen.

Während das Licht auf die Blätter einwirkt, wird die Kohlensäure zersetzt und ihr Kohlenstoff erscheint in der Form von Stärke (Amylogen) wieder. Neben dieser wird auch eine eiweissstoffartige Substanz gebildet, und hierzu wird das Ammoniak, besonders das von Blättern aufgenommene, vielleicht auch ein von unten herauf diffundirendes salpetersaures Salz in Anspruch genommen, so wie die ebenfalls von unten heraufgekommene Schwefelsäure, welche desoxydirt wird und den Schwefel zu der Eiweissbildung liefert. Durch die schönen Untersuchungen von Julius Sachs ist gezeigt worden, wie die Stärke aus dem Blatte in den Stamm wandert; mit dieser wandert das neugebildete Eiweiss ebenfalls mit in den Stamm und zwar hauptsächlich durch die dünnmembranigen Zellen des Leitzellenbündels, während die gelöste Stärke ausser in den Leitzellen, auch in manchen Pflanzen im Parenchym, aus den Blättern in den Stamm wandert und im Parenchym sich in Körnerform ausscheidet. Im Cambium des Leitzellenbündels und des Cambiumringes häufen sich nun Bildungsstoffe an, es beginnt in demselben Zellenvermehrung. Die daselbst neugebildeten Zellen, Anfangs Cambiumzellen, wandeln sich, und zwar nach aussen (vom Cambiumringe aus) in Parenchymzellen und Bastzellen, andere in Milchsaftgefässe um, nach innen wandeln sie sich in Gefäss- und Holzzellen um. In den Leitzellen diffundiren oder wandern die aus den Blättern gekommenen Bildungsstoffe nach unten in die Wurzeln, um neue Nebenwurzeln und Wurzelfäden auf die früher beschriebene Weise zu bilden, wodurch die Wurzel sich immer mehr ausdehnt und ausbreitet; nach oben wandern die Bildungsstoffe zu den sich entwickelnden Organen hin, zu den Ter-

minalknospen, um den Stamm zu verlängern, und zu den Blattknospen oder zu den jungen in der Ausbildung begriffenen Blättern.

Zu dieser Wanderung tragen ganz vorzüglich die jungen noch safterfüllten Gefässe, so wie die Siebporenzellen und Milchsaftgefässe oder lange Bastzellen, wo sich diese Zellenelemente finden, bei, indem die in axialer Richtung stark ausgedehnten Hohlräume dieser Zellen die Diffusion erleichtern, wie ich dies früher schon ausführlich besprochen habe. (Vergl. S. 276.)

Die Inkrustation der Gefässe und Holzzellen, d. h. Ablagerung von Zellstoffschichten auf die innere Membranwand, und damit verbundene Verdickung, sowie nachfolgende Verholzung, dann die Verdickung der Membran der Parenchymzellen bedingen die zunehmende Steifigkeit und Festigkeit der Axentheile, auch wohl der Blätter. Es ist gewiss ein Irrthum, wenn diese Steifigkeit und Festigkeit, die die Ursache des Aufrechthaltens des Stengels ist, der Ablagerung von Kieselsäure in die Membran der Oberhautzellen zugeschrieben wird; was vermag eine so dünne Zellenschicht und wenn ihre Membran auch noch so sehr verkieselt sei gegen die grosse Masse eines viele Fuss hohen Stengels! selbst bei den Cerealien vermag sie nicht die Aufrechthaltung des Stengels zu bewirken. Die vergleichende Untersuchung eines schnellwachsenden Stengels kann uns sehr leicht von der Ursache der Steifigkeit überzeugen. Wenn man im Frühjahre einen jungen schnell hervorgewachsenen, durch das Gewicht seiner Masse niedergebogenen Schössling eines Baumes untersucht, so wird man die Gefässe und Holzzellen nur wenig verdickt finden; erst allmälig tritt diese Verdickung ein, mit ihr streckt sich der Schössling gerade und wenn die Verdickung weit genug vorgeschritten ist, ist der Schössling stark und fest genug, um, ohne zu biegen, sein eigenes Gewicht zu tragen. Man vergleiche nur die Gefässe und die Parenchymzellen von kräftigen, sich aufrechthaltenden Cerealienpflanzen und von üppigen, sogenannten geilen Pflanzen, so wird man den Unterschied in der Verdickung der Zellenmembran leicht auffinden.

Was nun die Bildung der übrigen organischen Stoffe anbelangt, so lässt sich darüber nicht viel sagen. Die gelösten Eiweissstoffe gehen vielfach in ungelöste Form über, besonders in jenen Zellen, die der Zellenerzeugung nicht mehr dienen. Die Stärke oder das Amylogen verwandelt sich im Parenchym in Zucker und Gummi; im Parenchym und selbst in den assimilirenden Blättern bildet sich

Oel; im Parenchym entstehen aus den Kohlenhydraten organische Säuren und ätherische Oele, aus der stickstoffhaltigen Substanz bilden sich Alkaloide u. s. w.; über die Bildung dieser Stoffe wissen wir nichts Näheres.

In dieser Periode wird die grösste Menge von organischer Substanz erzeugt, vorwiegend aber herrscht die Bildung von stickstoffhaltiger Substanz gegenüber der späteren Periode vor, wenigstens gilt das von blattreichen Pflanzen; bei blattarmen, wie bei den Cerealien fällt die grösste Bildung der stickstoffhaltigen organischen Substanz in die Periode des Blühens. Entsprechend der Bildung organischer Substanz ist auch die Aufnahme anorganischer Nährstoffe aus dem Boden. Kali tritt in dieser Periode in reichster Menge in die Pflanze ein, ebenso auch Kalk, wahrscheinlich gleichen Schritt haltend mit der Bildung organischer Säuren. Wenn die Bildung stickstoffhaltiger Substanz gegenüber der späteren Periode in dieser das Uebergewicht hat, so tritt auch die grösste Menge Schwefelsäure in die Pflanze ein. Die Phosphorsäure wird erst während des Blühens in bedeutendster Menge aus dem Boden aufgenommen. Magnesia tritt auch vorwiegend in dieser Periode ein. Die Kieselsäure scheint solange in die Pflanzen einzutreten, als diese noch vegetiren, ihr Gehalt nimmt bis zur Reife beständig zu.

Pflanzen, welche aus grösseren Reservestoffbehältern organische Bildungsstoffe schöpfen — Kartoffeln, Rüben —, verwenden dieselben bis zur Erschöpfung der Reservestoffbehälter zur Organbildung; bei ihnen tritt der günstigste Fall ein, denn während aus den Reservestoffen neue Organe gebildet werden, assimiliren die ausgebildeten Blätter anorganische Stoffe und wandeln dieselben in Bildungsstoffe um. Die meisten rübenartigen Gewächse scheinen indess durch die nur kümmerlich entwickelten Wurzeln der vorjährigen Rübe nicht in grösserer Menge anorganische Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen; es kommt bei ihnen nur zur Ausbildung des blühenden Pflanzenstengels; neue Reservestoff-Ablagerung, mit Ausnahme der hinsichtlich der Masse und Grösse nur wenig entwickelten Samen, findet nicht Statt. Bei jenen Pflanzen hingegen, wo ein grösseres Wurzelwerk aus der zweitjährigen Pflanze hervorgeht, treten auch grössere Mengen anorganischer Nährstoffe in die Pflanze ein, und die Folge davon ist eine so massenhafte Erzeugung von Bildungsstoffen, dass sich neue

Reservestoffbehälter, gewöhnlich auch Samen, entwickeln und in diesen die Bildungsstoffe zur Ablagerung kommen. Derartige Gewächse pflanzen sich gewöhnlich, ausser durch Samen, auch durch unterirdische Knospen, durch Knollen, Zwiebel oder Rhizome fort.

Bei den Pflanzen der letzteren Art sind die Reservestoffbehälter schon bei Beginn der Blüthe erschöpft; bei den rübenartigen Gewächsen dauert der Uebergang der organischen Bildungsstoffe aus dem Reservestoffbehälter in die Pflanze bis zur Samenreife.

Die Erschöpfung des Reservestoffbehälters tritt recht auffallend bei der folgenden Untersuchung meines Freundes Dr. Karmroth hervor.*) Zwei ziemlich gleich schwere Kartoffelknollen derselben Sorte und auf demselben Felde gewachsen, wurden auf ihren Gehalt an Stoffen untersucht und zwar die eine im October 1860, die andere, nachdem sie in die Erde gelegt worden und eine neue Pflanze entwickelt hatte, Ende Juli 1861.

	Setzkartoffel October 1860. Grm.	Mutterknolle Juli 1861. Grm.	
Stärke	16,222		
Zellstoff	6,025	1,716	zum grössten Theile aus Zellstoff bestehend; nur sehr geringe Menge Stärke und Albuminate.
Gummi	1,975		
Albuminate	1,984		
Fett	0,194	0,075	
Mineralstoffe	1,038	0,197	
Trockensubstanz	27,438	1,988	
Wasser	65,272	64,012	
Ganze Knolle	92,710	66,000	

Zur Zeit, als die Mutterknolle untersucht wurde, stand die aus ihr hervorgegangene Pflanze vor dem Blühen und die unterirdischen Seitenzweige zeigten schon eine geringe Anschwellung, beginnende Knollenbildung. Die äussere Gestalt der Kartoffel war vollständig dieselbe geblieben; merkliche Fäulniss war nicht eingetreten. Die Knolle hat nicht nur ihre Stärke, ihr Gummi und Eiweiss bis auf kleinste Mengen an die neue Pflanze abgegeben, sondern es scheint

*) Aus dem Journal der Versuchsstation des landwirthschaftlichen Vereins für Rheinpreussen zu St. Nicolas.

auch Zellstoff zur Auflösung gekommen zu sein, der in Form von Stärke (Amylogen) in die Pflanze gewandert ist. Bei solchen entleerten Knollen findet man gewöhnlich noch die Zellen des Parenchymgewebes erhalten und darf man für wahrscheinlich halten, dass zellstoffige Ablagerungsschichten auf die innere Wand der Parenchymzellenmembran zur Auflösung kommen. Der fast unveränderte Wassergehalt der entleerten Setzkartoffel gegenüber der noch nicht gelegten Knolle erklärt sich aus der Erhaltung der Zellen und der Anfüllung derselben mit wässriger Flüssigkeit.

Bei der Entwicklung der Pflanzen in dieser Periode, wenigstens der krautartigen Pflanzen machen sich zwei Richtungen des Wachsthums geltend, bei der einen concentrirt sich das ganze Wachsthum auf die Blätter, oder auf die Entwicklung eines üppigen Stengel- und Blattwerks, ohne zum Blühen oder zur gehörigen Fruchtentwicklung zu gelangen, bei der anderen ist die Blattentwicklung weniger üppig und die Terminalknospen wachsen zu blüthentragenden Stengeln aus. Den einen Typus finden wir in den Runkelrüben, den Kohlarten, dem Salat u. s. w. vertreten, den anderen in den Cerealien, Hülsenfrüchten u. s. w. Reichthum der Pflanze an eiweissartigen Stoffen ist Bedingung der ersten Gruppe. Bei den Rüben häufen sich im Urparenchym des sogenannten Herzens in grosser Menge eiweissartige Stoffe an, in den Cambiumzellen tritt in Folge dessen eine lebhafte Zellenbildungsthätigkeit ein, deren Folge die Entwicklung von Knospen ist, die hier immer zu Blattknospen werden, selbst die Terminalknospe entwickelt sich zu Blättern (?), nicht aber zu einem Stengel, wenigstens unter günstigen Verhältnissen nicht. Der Stengel bleibt äusserst kurz, die Stengelglieder sind sehr verkürzt, die Blattkreise stehen dicht übereinander (der sogenannte Rübenkopf). Bei den Kohlarten finden sich ganz dieselben Vorgänge.

Die Pflanzen der zweiten Gruppe, deren normales Wachsthum in der Bildung eines blüthen- und fruchttragenden Stengels übergeht, lassen sich auch in Pflanzen der ersten Gruppe verwandeln, wenn in ihnen eine grosse Menge Eiweissstoffe gebildet wird. Cerealien bilden nur Blätter und unentwickelte Halme, gelangen nicht zur Blüthe oder doch nicht zur Frucht. In dem Keimlager des zweiten und dritten Knotens muss die Anhäufung von Eiweissstoffen stattfinden, denn von hieraus entwickeln sich immerfort junge Triebe. Bei Hülsenfrüchten sah ich nach einer starken

Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak eine bedeutende Verkürzung des Stengels und der Seitenzweige, wobei die Blätter aber in grosser Zahl und üppig entfaltet wurden. Ob diese Erscheinung, besonders die Verkürzung der Pflanze, nicht der hohen im Boden sich bildenden Concentration der Nährstofflösung, die durch das im Uebermaass gegebene schwefelsaure Ammoniak gebildet wurde, zuzuschreiben ist, will ich dahingestellt sein lassen.

Pflanzen der zweiten Gruppe — Runkelrüben, Möhren, Kohl u. s. w. — bilden ebenfalls zuweilen blüthentragende Stengel, während sie nur Blätter erzeugen sollen, man sieht häufig auf einem Möhren- oder Runkelrübenfelde einzelne Pflanzen in die Höhe gehen, sie schiessen, wie Landwirth und Gärtner sagen, die Bildung üppiger Blätter hat damit ein Ende erreicht, nur am aufschiessenden Stengel entstehen noch Blätter.

Im Interesse der Pflanzencultur müssen wir fragen: was ist die Ursache dieser Erscheinungen?

Dass die Richtung der Entwicklung einen generischen Charakter hat, lässt sich für viele Pflanzen wohl nicht bestreiten, so ist die Blattentwicklung ohne Stengelentwicklung im ersten Vegetationsjahre den rüben- und kohlartigen Gewächsen eigen, bei den Hülsenfrüchten finden wir sie hingegen selten. Auch mag die Beschaffenheit des Samens viel dazu beitragen; denn wie liesse es sich anders erklären, wenn wir auf ein und demselben Felde, unter gleichen äusseren Verhältnissen von zwei neben einander stehenden Rüben und Möhren die eine schiessen sehen, während die andere bei der Entwicklung von Wurzelblättern beharrt. Die Eigenthümlichkeit der Cucurbitaceen, aus frischem Samen ein üppiges Blatt- und Stengelwerk ohne Blüthen, aus älteren Samen ein schwächeres oder weniger üppige Blätter und Stengel mit zahlreichen Blüthen und gut ausgebildeten Früchten zu erzeugen, giebt uns einen Beweis für die Einwirkung des Samens auf die Entwicklung der Pflanze. Sollen wir aber in der Verschiedenheit der Ernährung nicht einen Hauptgrund für diese Entwicklungsrichtungen zu suchen haben?

Unter gewissen Verhältnissen wachsen Cerealien nur in Blätter und die Halme bleiben unentwickelt; meistens ist es die Folge einer überreichen Stickstoffdüngung, besonders von Guano oder frischem Stalldünger. Hier ist weder von einem generischen Charakter, noch von einem Sameneinfluss die Rede, sondern die eigen-

thümliche Entwicklung fällt allein auf die Ernährung. Das in den Blättern sich bildende Eiweiss gelangt in das Keimlager des zweiten und dritten Knotens und veranlasst eine rege Zellentheilung. Es entwickeln sich nun Blattknospen und auch wohl Terminalknospen, aus den letzteren gehen zwar Halme hervor, in welchen aber keine Treibkraft ist. Von anderen Gewächsen mit üppiger Blattentwicklung wissen wir, dass sie verhältnissmässig arm an Phosphorsäure sind, ob dies bei blatttreibenden Cerealien auch der Fall ist, weiss ich nicht. Sollte nun nicht in so grosser Menge Eiweiss erzeugt werden, dass die vorhandenen Phosphate nicht ausreichen, dem Eiweiss die gehörige Wanderungsfähigkeit zu geben? vorausgesetzt, dass meine Ansicht, nach welcher die Phosphate die Wanderungsfähigkeit des Eiweisses erhöhen, richtig ist. Eine Stagnation des Eiweisses in dem Keimlager würde die Folge davon sein; in die allenfalls angelegten Halme wandert es nur spärlich hinein und weil die Terminalknospe des Halmes, die doch schon von dem Keimlager ziemlich entfernt ist, zu wenig Bildungsstoffe enthält, ist in derselben die Zellenvermehrung geschwächt und ihr Wachsthum gestört. Die Blätter entwickeln sich leicht, weil ihr Wachsthum durch Zellenvermehrung am Grunde des Blattes geschieht und eine weite Wanderung der Bildungsstoffe nicht nothwendig ist. Oder ist die Concentration des Pflanzensaftes von Einfluss auf die Entwicklung der Knospen? Dieselben Fragen und Vermuthungen wiederholen sich auch bei den übrigen Gewächsen. Ueberhaupt scheint aber reichliche Bildung eiweissartiger Stoffe die Pflanze zu übermässiger Blattentwicklung zu disponiren.

Wird Winterkopfkohl oder überhaupt Wintergemüse frühzeitig im Spätsommer gesäet und kommt, noch begünstigt durch einen milden Herbst, üppig entwickelt in den Winter, so wird es, wenn das erste Frühjahr, der März kühl und feucht ist, sehr gern schiessen, ist das erste Frühjahr warm und hell, so schliesst sich der Kohl sehr schön. Kommt der Kohl mit kärglicher Entwicklung in den Winter, so bleibt bei ungünstigem Frühjahre das Wachsthum zurück oder es tritt erst spät ein und die Köpfe schliessen sich. Man kann sich die Sache folgendermaassen erklären. Ist die junge Pflanze üppig entwickelt, so hat sie viel Bildungsstoffe, viel Eiweiss in ihren Blättern angehäuft, ist das Frühjahr kühl und trübe, so genügen die Bildungsstoffe zur Entwicklung der Pflanze und weil die zur übermässigen Blattentwicklung

nöthigen Bildungsstoffe nicht zugegen sind, entwickelt sich ein Stengel. Im warmen und hellen Frühjahre, wo Wärme und Lichtverhältnisse eine reichliche und sehr frühzeitige Neubildung von Eiweissstoffen und anderen Bildungsstoffen zur Folge haben, sind dieselben in solcher Menge vorhanden, dass das Wachsthum sich auf die Blattbildung concentrirt. Bei der kümmerlich entwickelten Pflanze tritt das Wachsthum überhaupt erst sehr spät ein, zu einer Zeit, wo Temperatur- und Lichtverhältnisse eine reichliche Erzeugung von Bildungsstoffen gestatten.

Freilich sind das alles nur Vermuthungen, Hypothesen auf Hypothesen gebaut; ich wollte damit aber auch nur zeigen, dass man sich eine Abhängigkeit dieser Vegetationserscheinungen von Ernährungsverhältnissen denken kann. Man wird sich überzeugt haben, dass wir in diesem Zweige der Pflanzencultur so zu sagen noch gar nichts wissen, und dass sie sich dadurch noch ganz der Hand des denkenden Menschen entzieht. Physiologen, Agriculturchemiker und Landwirthe haben hier noch ein weites, interessantes und lohnendes Feld der Forschung.

Blüthe und Frucht.

Wenn die Pflanze bis zu einer gewissen Stufe ausgebildet ist, so bilden sich die Terminalknospen der Axe und Nebenaxen oder die nur zur Blüthe und Frucht bestimmten Axillarknospen zu den Blüthenorganen aus. Bei den krautigen Pflanzen tritt damit gewöhnlich ein Stillstand in dem Wachsthum der Blätter und des Stengels ein, das Wachsthum des Stengels ist höchstens noch auf den blüthentragenden Theil beschränkt. Weil Zellenvermehrung die Ursache der Blüthenorgan-Entwicklung ist, so muss eine Wanderung der Bildungsstoffe nach diesen Theilen hin vorhergehen und das Blühen, sowie die nachherige Fruchtentwicklung begleiten. Aus den Blättern ergiessen sich die Bildungsstoffe in den Stammtheil, in diesem wandern sie zu der Blüthe hin; die im Parenchym aufgespeicherten Stoffe nehmen ebenfalls Antheil an der Wanderung nach der Blüthe und Frucht. Während des Blühens und des Reifens der Frucht treten anorganische Stoffe noch in die Wurzel ein, es wandern solche aber auch aus den Blättern und dem Stammtheile nach der Blüthe. Ich will an einigen

Pflanzen, die in ihren einzelnen Organen untersucht wurden, ein Bild dieser Stoffwanderung zeigen.

Arendt*) untersuchte Haferpflanzen in verschiedenen Perioden ihres Wachsthums auf ihre Bestandtheile und berechnete die Menge der einzelnen Stoffe auf 1000 Pflanzen oder auf eine gegebene Fläche. Die Zunahme eines Haferfeldes von bestimmter Grösse an stickstoffhaltigen Stoffen verhielt sich folgendermaassen:

Vor dem Schossen.		Blüthe.		Beginnende Reife.		Volle Reife.
1	:	1,1	:	1,20	:	0,30

Dem entsprechend musste stickstoffhaltige Nahrung von der Pflanze wenigstens bis in die erste Zeit des Reifens aufgenommen worden sein. Bei der Gerste war das Verhältniss der Zunahme der stickstoffhaltigen Substanz folgendes, nach Scheven:

Vor dem Schossen.		Blüthe.		Beginnende Reife.		Volle Reife.
1	:	1	:	0,04	:	0,07

Wolf berechnete die Aufnahme von Stickstoff für Einen preussischen Morgen Hafer (weissen Federhafer I., braunen Federhafer II.) für die oberirdische Pflanze wie folgt:

	Aufgenommen im Ganzen bis zum			
	15. Juni.	5. Juli.	4. August.	27. August.
I.	12,1 Pfd.	27,7 Pfd.	41,0 Pfd.	39,5 Pfd.
II.	13,5 „	29,8 „	52,2 „	64,5 „

Wie man sieht, wird in dem einen Falle (II.) die stickstoffhaltige Substanz bis in die Periode der Reife vermehrt, und demgemäss auch Stickstoffnahrung oder organische stickstoffhaltige Substanz aus den Wurzeln aufgenommen; bei der Gerste ist die Aufnahme von Stickstoffnahrung während der Reife nur unbedeutend, bei der einen (I.) Hafersorte fällt sie ganz fort. Solange wie die Blätter einer Pflanze noch gut erhalten sind, wird natürlich auch die Stickstoffassimilation stattfinden können; ob die Blätter bei dem reifenden Hafer noch eine solche Beschaffenheit haben, dass sie assimilirend wirken konnten, geht aus den Mittheilungen über obige Untersuchungen nicht hervor. Man darf indess nicht übersehen, dass die Untersuchung in der letzten Periode sich auf die völlig reife Pflanze bezieht, dass diese Periode aber zu einer Zeit begann, wo

*) Das Wachsthum der Haferpflanze. 1859.

alle Organe der Pflanze noch thätig waren, wenigstens die oberen Blätter noch; zu Anfang der Periode konnte noch Assimilation in den Blättern stattfinden, während in der letzten Zeit der Periode die Assimilation aufhörte und die letzterzeugten Bildungsstoffe nach der Aehre hinwandern. Auf diese Weise lassen sich die analytischen Thatsachen wohl erklären. Jedenfalls ist es auffallend, dass in der letzten Periode zuweilen der Gehalt an stickstoffhaltigen Stoffen noch so bedeutend vermehrt wird; die Blätter sind mehr oder weniger doch schon zurückgegangen und lassen keine rege Assimilation mehr vermuthen. Wir werden nachher sehen, dass alle Theile der Pflanze stickstoffhaltige Substanz an die Aehre abgeben; ohne Zweifel nimmt hieran auch die Wurzel Theil, die bei den oben angeführten Untersuchungen nicht mit berücksichtigt wurde. Nach Stöckardt betragen die Wurzelmengen von Ein Morgen Hafer, in der Blüthe gehauen, bei einer trocknen Erndtemasse von 1500 Pfd. 650 Pfd., worin 34 Pfd. Stickstoff sind; bei dem reifen Hafer betrugen sie bei einer trocknen Erndtemasse von 2400 Pfd. 570 Pfd., worin 4 Pfd. Stickstoff enthalten waren. Die Abnahme der Gesammtwurzelmasse stellt sich demnach wie 1 : 1,14, die Abnahme des Stickstoffs hingegen wie 1 : 3; es ist Stickstoff aus den Wurzeln fortgegangen und weil wir den Stickstoff während der Reife überhaupt in allen Pflanzentheilen auf der Wanderung nach der Aehre begriffen finden, so dürfen wir ohne Zweifel den Verlust der Wurzel an Stickstoff einer Wanderung nach oben zuschreiben. Zudem ist es nicht annehmbar, dass er aus der Wurzel austritt und auf diese Weise die Wurzeln stickstoffärmer werden. Ich will hier gleich noch einige Angaben Stöckardt's über den Gehalt an Stickstoff resp. Eiweissstoffe in den Wurzeln in verschiedenen Perioden mittheilen, welche ebenfalls geeignet sind, die Fortwanderung stickstoffhaltiger Substanz zu zeigen.

In 100 Pfd. trockner Pflanzenmasse (ganze Pflanze mit Wurzel) waren enthalten in Pfunden:

	Wurzeln.	Stickstoff in diesen Wurzeln.
Klee, ganz jung	470	26,3
„ zu Anfang der Blüthe	265	5,8
„ der Reife nahe	195	3,0
Sommerroggen, ganz jung	120	4,5

	Wurzeln.	Stickstoff in diesen Wurzeln.
Sommerroggen, zu Anfang der Blüthe	65	1,1
„ zur Zeit der Reife .	38	0,6
Hafer, ganz jung	190	5,7
„ zu Anfang der Blüthe . . .	80	1,6
„ zur Zeit der Reife	33	0,3
Sommerraps, ganz jung	110	3,5
„ zu Anfang der Blüthe	72	1,0
„ zur Zeit der Reife . .	50	0,2

In allen Fällen nimmt der Stickstoffgehalt in einem grösseren Verhältnisse ab, wie die Gesammtwurzelmasse. Es darf indess nicht übersehen werden, dass ein Theil des wandernden Stickstoffs auch ein anorganischer stickstoffhaltiger Nährstoff sein kann; in der letzten Periode aber, wenn die Assimilation in den Blättern herabgesetzt oder ganz aufgehört hat, ist auch die Wanderung des stickstoffhaltigen Nährstoffs von keiner Bedeutung mehr. Den wandernden Stickstoff in der letzten Periode werden wir deshalb zum allergrössten Theile als organische Substanz anzusehen haben.

Die folgenden Reihen geben das Verhältniss der Abnahme an; es wurde Wurzelmenge und Stickstoffgehalt der vorhergehenden Periode gleich 1 gesetzt.

	Periode	I. : II.	II. : III.
Klee	Wurzeln	1 : 0,56	1 : 0,74
	Stickstoff	1 : 0,22	1 : 0,50
Sommerroggen	Wurzeln	1 : 0,54	1 : 0,57
	Stickstoff	1 : 0,24	1 : 0,55
Hafer . . .	Wurzeln	1 : 0,42	1 : 0,40
	Stickstoff	1 : 0,28	1 : 0,19
Sommerraps .	Wurzeln	1 : 0,65	1 : 0,70
	Stickstoff	1 : 0,30	1 : 0,20

Wenn nun Pflanzen während ihres Reifens und wenn die Blätter schon nicht mehr recht assimilationsfähig sind, die stickstoffhaltige Substanz in ihren oberirdischen Theilen noch vermehren, so wird hierzu die Wurzel beitragen, oder wenn überhaupt nichts mehr assimilirt wird, so wird die Wurzel allein die stickstoffhaltige Substanz nach oben abliefern; eine Assimilation anderswo als in den Blättern oder in grünen mit Spaltöffnungen versehenen Rindentheilen dürfen wir, wie in dem Abschnitte über

Assimilation gezeigt wurde, nicht annehmen. Gewöhnlich ist mit dem Absterben der Blätter auch die grüngefärbte Rinde derart verändert, dass an eine Assimilation nicht mehr zu denken ist.

Die Bildung stickstofffreier Substanz, der Kohlenhydrate, ist immer am stärksten während der vorigen Periode, während der Periode des Wachsens; sie setzt sich aber auch noch fort während der Zeit des Blühens und bei manchen Pflanzen während des Reifens. Wo in dieser letzten Periode die Blätter bereits abgestorben sind und die oberirdischen Pflanzentheile noch eine Zunahme an stickstofffreier Substanz erleiden, da ist dieselbe gewiss einer Zuwanderung aus den Wurzeln zuzuschreiben.

Die Schwefelsäure wird gewöhnlich in der Periode des Wachsens in grösster Menge aufgenommen; oft ist in späteren Perioden die Aufnahme sehr gering und wenn dann noch eine bedeutende Erzeugung stickstoffhaltiger Substanz stattfindet, so wird der Vorrath von Schwefelsäure, welcher früher in die Pflanze eingeführt und nicht assimilirt wurde, in Anspruch genommen; es kann jedoch auch in der Periode des Blühens und Reifens noch Schwefelsäure in die Pflanze eintreten.

Der grösste Theil der Phosphorsäure tritt während des Blühens in die Pflanze ein, besonders bei den Cerealien; in der Periode des Reifens ist ihr Eintritt gewöhnlich geringer.

Die Magnesia tritt ziemlich gleichmässig während allen Perioden in die Pflanze ein, doch scheint es, als wenn sie bei Pflanzen mit starker Samenentwicklung während der Periode des Reifens in grösserer Menge zur Aufnahme gelangt.

Die Aufnahme von Kalk und Kali findet vorwiegend nur in den ersten Perioden Statt; während des Blühens und Reifens, überhaupt wenn die Pflanze nicht mehr wächst, ist die Aufnahme an diesen Stoffen unbeträchtlich. Kali vermindert sich sogar in der letzten Zeit der Vegetation, bei den Cerealien zur Zeit des Reifens, und muss man entweder eine Rückwanderung des Kalis in die Wurzel und den Boden annehmen oder ein Auswaschen des Kalis durch Regen aus den Blättern, zu welcher letzteren Ansicht Mulder sich bekennt. Arendt hat bei dem Hafer eine Rückwanderung des Kalis aus Aehre und Blättern nach den Stengeln beobachtet und es ist hier kaum zu bezweifeln, dass diese Rückwanderung weiter bis zu den Wurzeln gegangen ist und vielleicht sogar Kali aus den Wurzeln austrat. Ein solches Austreten des

Kalis aus den Wurzeln ist so unbegreiflich nicht, wie dies Mulder zu glauben scheint; bei dem Reifen concentrirt sich die Zellflüssigkeit der Pflanze sehr beträchtlich, sind nun in derselben gelöste Kalisalze enthalten und ist die Bodenlösung minder concentrirt wie die Zellflüssigkeit, so ist eine Rückwanderung des Kalis in die Bodenlösung sogar eine Nothwendigkeit. Jedenfalls haben Mulder und Andere dem Auswaschen der Alkalien aus den Blättern eine zu grosse Bedeutung zugeschrieben. Eine Verminderung der Pflanze an Chlor und Natron in der letzten Periode der Pflanze ist ebenfalls häufig und von Arendt auch bei der Haferpflanze beobachtet worden; auch hier erklärt eine Rückwanderung in die Bodenlösung die Sache am einfachsten.

Die Kieselsäure tritt in allen Perioden bis zur Reife in die Pflanze ein, gewöhnlich aber am stärksten bei den Cerealien, in der Periode des Wachsens und Blühens.

Wenden wir uns nun zu der Stoffwanderung in der Pflanze während des Blühens und Reifens.

Die folgenden Zahlen, welche Arendt für die Haferpflanze gefunden hat, geben uns ein deutliches Bild von der Wanderung der stickstoffhaltigen Substanz; als wandernd ist hier der Stickstoff dargestellt, welchen wir als Repräsentant der stickstoffhaltigen Substanz ansehen.

1000 ganze Pflanzen nehmen auf (+) oder verlieren (—):

Periode	I.	II.	III.	IV.	V.*)
Untere Stengelglieder	—1,754	—0,772	+0,252	+0,007	—0,075
Mittlere Stengelglieder	—	+2,677	—0,340	+0,661	—0,156
Obere Stengelglieder	—	+1,154	+1,738	+0,664	—0,118
Untere Blätter	+6,725	—1,468	—0,469	—1,384	—0,548
Obere Blätter	+6,600	+0,152	+1,078	—0,751	—0,696
Aehrchen	—	+8,291	+4,706	+18,916	+6,948
	+15,08	+10,03	+6,98	+18,12	+5,55

In der Periode I. verlieren die unteren entwickelten Stengelglieder stickstoffhaltige Substanz, indem sie dieselben jedenfalls

*) I. Periode 3 untere Stengelglieder entwickelt, die 3 oben erst angedeutet; II. Pflanze ausgebildet, Aehrchen aus der obern Blattscheide hervorgetreten; III. Blüthe; IV. beginnende Reife; V. letzte Zeit des Reifens. Die Untersuchungen beziehen sich auf das Ende einer jeden Periode.

an die Wurzeln abgeben; es wird dem Stengel aus den Blättern weniger stickstoffhaltige Substanz zugeführt, als sie an die Wurzel abgeben. In den Blättern findet eine lebhafte Assimilation und Bildung stickstoffhaltiger Substanz Statt.

In der Periode II. verlieren die unteren Blätter N Substanz. Dieselbe wird nach unten an die Stengel und Wurzel, nach oben an das sich entwickelnde Aehrchen aber in grösster Menge abgegeben. Die Bildung von N Substanz ist in den Blättern auch jetzt noch eine lebhafte, es wandert dieselbe aber beständig fort.

Während der Periode III. sind die Verhältnisse ziemlich dieselben wie in der vorhergehenden. In den unteren Stengelgliedern häuft sich noch einmal etwas N Substanz an; ob dieselbe aber einer organischen Substanz zuzuschreiben ist, oder ob sie von stickstoffhaltigen anorganischen Nährstoffen, welche aus der Wurzel nach oben diffundiren, herrührt, ist nicht zu beurtheilen.

In der Periode IV. wird in den Blättern weniger N Substanz gebildet, als aus ihnen fortwandert; die Blätter entleeren sich und die N Substanz wandert in die Aehre. In den oberen Stengelgliedern vermehrte sich der Gehalt an N Substanz ebenfalls, weil durch sie die Wanderung derselben aus den Blättern nach der Aehre stattfindet; es wird dem Stengel mehr zugeführt, als aus ihm nach der Aehre fortwandert.

In der letzten Zeit des Reifens nun wandert die N Substanz aus allen Theilen nach der Aehre hin; alle wanderungsfähige N Substanz zieht sich nach der Aehre hin.

Fast in derselben Weise wie die N Substanz wandert auch die Phosphorsäure.

1000 ganze Pflanzen nehmen auf oder verlieren Phosphorsäure:

Periode	I.	II.	III.	IV.	V.
Untere Stengelglieder	+0,471	—0,269	+0,011	—0,009	—0,011
Mittlere Stengelglieder	—	+0,393	+0,744	—0,677	—0,275
Obere Stengelglieder	—	+0,660	+1.074	—1,418	+0,078
Untere Blätter	+1,048	—0,350	—0,009	—0,180	—0,158
Obere Blätter	+1,748	—0,076	—0,491	—0,441	—0,151
Aehrchen	—	+2,362	+3,000	+5,310	+1,846
	3,27	2,72	4,33	2,58	1,33

In der 1. Periode nehmen Stengel und Blätter $P O_5$ auf; in der 2. Periode ist die $P O_5$ schon in der Wanderung nach oben be-

griffen, sie wandert in einem stärkeren Verhältnisse nach oben, als sie aus der Wurzel zugeführt wird; aus den Blättern wandert sie mit der N Substanz durch die mittleren und oberen Stengelglieder zur Aehre hin; in der 3. Periode muss im Boden eine bedeutendere Menge $P O_5$ aufnehmbar werden, denn wir sehen sie jetzt in grösster Menge in die Pflanze eintreten, und zwar in grösserer Menge als sie in die Aehre abgeht, weshalb in dem unteren Stengelgliede noch $P O_5$ gefunden wird; die Blätter verlieren mehr $P O_5$ wie sie aufnehmen, sie wandert mit der N Substanz nach der Aehre. In der 4. Periode wird noch $P O_5$ aus dem Boden aufgenommen; die in der Aehre angehäufte $P O_5$ ist aber beträchtlicher wie die durch die Wurzel aufgenommene; alle Theile geben sie an die Aehre ab und ist die Wanderung der $P O_5$ durch den Stengel eine verhältnissmässig stärkere wie die Wanderung der N Substanz. In der letzten Periode zieht sich die $P O_5$ ebenfalls nach der Aehre hin, doch wird auch noch etwas von aussen in die Pflanze eingeführt.

Die Schwefelsäure, welche sich als solche in der Haferpflanze vorfand, wanderte in grösster Menge in die Blätter hinein; in der 2. Periode ist die Wanderung so stark, dass aus den unteren Stengelgliedern mehr nach oben in die Blätter überging, als in sie eintrat; in der 3. Periode trat keine $S O_3$ in die Pflanze ein, dagegen wanderte sie aus allen Theilen nach den Blättern hin, selbst aus der Aehre zurück; in der 4. Periode trat die meiste Schwefelsäure in die Pflanze ein, zu Ende derselben war aber im unteren Stengel keine mehr zu finden; es musste um diese Zeit der Eintritt aufgehört haben; in den unteren Blättern scheint die Assimilation schon vermindert zu sein, woraus sich erklärt, dass um diese Zeit noch $S O_3$ aus denselben austritt, um nach den oberen Blättern hinzuwandern; in diese Periode fällt die grösste Stickstoffsubstanz-Erzeugung. In der 5. Periode ist wieder etwas $S O_3$ eingetreten; zu Ende derselben sind die unteren Stengel an $S O_3$ erschöpft, in den mittleren Stengeln finden sich nur kleine Mengen und die oberen Stengel haben eine bedeutende Menge abgegeben; in die unteren Blätter ist wohl nur wenig hineingewandert, mehr in die oberen Blätter und die Aehren.

Zucker und Stärke wandern ähnlich den stickstoffhaltigen Substanzen; in den letzten Perioden geht eine allgemeine Wanderung nach der Aehre hin. Siehe weiter unten.

Die Aufnahme von Kalk, Magnesia und Kieselsäure fand bei der von Arendt untersuchten Haferpflanze folgendermaassen in den verschiedenen Perioden Statt.

1000 ganze Pflanzen nehmen auf:

Periode	I.	II.	III.	IV.	V.
Kalk	4,48	4,02	3,10	2,98	0,50
Magnesia	1,53	1,17	1,01	1,71	1,03
Kieselsäure	6,39	9,43	9,63	9,21	1,66

Kalk. In der 2. Periode, in welcher die oberen Blätter zur Entwicklung kommen, ist die Kalkconsumtion in diesen so stark, dass aus den unteren Blättern mehr fortgeht und in die oberen Blätter hineinwandert, als in die ersteren eintritt. Zu Ende der 3. Periode ist die Aufnahme des Kalkes nur noch eine schwache, so auch während der 4. Periode und besonders schwach in der 5. Periode. In der 4. und 5. Periode nehmen die unteren Blätter keinen Kalk mehr auf und das Aehrchen giebt in der 5. Periode noch Kalk ab. Solange wie ein Pflanzentheil in der Ausbildung begriffen ist, nimmt er Kalk auf, später nicht mehr. Durch die fertigen, ausgewachsenen Stengel wandert der Kalk zum allergrössten Theile hindurch, und lässt nur geringe Mengen in ihm zurück.

Magnesia. Die meiste Magnesia wurde in der ersten Periode aufgenommen, in der 2. und 3. Periode geben die Blätter von ihrem Magnesiagehalte ab, zu derselben Zeit findet eine Wanderung der Magnesia nach den Aehren hin Statt. In der 4. und 5. Periode nehmen die Blätter wieder Magnesia auf, ebenfalls dauert in der Aehre die Magnesia-Aufnahme fort. Diese Wanderungsverhältnisse sind uns, weil wir die Function der Magnesia nicht kennen, nicht recht klar.

Die Kieselsäure wird von jedem Theile während jeder Periode aufgenommen, mit Ausnahme der unteren Stengel in der 4. und 5. Periode und der unteren Blätter in der 5. Periode; diese Theile scheinen nur noch eine passive Rolle zu spielen und deshalb keine Kieselsäure mehr festzulegen.

Die folgende Zusammenstellung giebt uns ein Bild der Kaliwanderung bei Hafer, nach Arendt.

1000 ganze Pflanzen nehmen auf oder verlieren:

Periode	I.	II.	III.	IV.	V.
Untere Stengelglieder	+1,650	+0,259	+1,689	+1,617	+0,282
Mittlere Stengelglieder	—	+3,246	+4,055	+1,244	+0,239
Obere Stengelglieder	—	+2,893	+3,625	+0,762	+0,640
Untere Blätter	+8,487	+0,332	−0,352	−0,717	−0,306
Obere Blätter	+6,917	+2,051	−0,454	+1,560	−0,527
Aehre	—	+5,271	+0,532	−0,344	−0,992
	17,05	14,05	9,09	4,14	−0,68

In der 1. Periode nehmen die Blätter Kali in grösster Menge auf, auch in der 2. Periode ist die Aufnahme in alle Theile noch eine beträchtliche; in der 3. Periode geben die Blätter von ihrem grossen Gehalte an Kali ab und zum Theil in die Stengel, zum kleinsten Theil in die Aehre; in der 4. Periode nimmt der Kaligehalt in der Aehre ab, sowie in den unteren Blättern, dagegen hat er in den oberen Blättern wieder etwas zugenommen. In der letzten Periode wandert das Kali aus Blättern und Aehre in die Stengel und tritt um diese Zeit aus dem oberirdischen Theile der Pflanze Kali aus. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass das Kali mit Phosphorsäure verbunden wandert und zwar aus den Blättern durch die Stengel nach den Aehren und in dieser durch Magnesia ein Theil des Kalis freigemacht wird, welches alsdann, an eine andere Säure tretend, aus der Aehre zurück in den Stengel wandert.

Arendt hat bei dem Hafer auch das Fett untersucht, indem er die Pflanzenmasse mit Aether extrahirte. Das Resultat dieser Extraction, als Fett genommen, lässt sich in folgende Worte zusammenfassen: In der 1. Periode bildete sich in den Blättern eine bedeutende Menge Fett; in der 2. Periode war die Fettbildung in den unteren Blättern eine geringe, in den oberen und in den Aehrchen eine beträchtliche; die Stengel bildeten ebenfalls etwas Fett, nur im unteren Stengel hatte der Fettgehalt abgenommen. In der 3. Periode hat die Fettbildung in den oberen Blättern etwas abgenommen, im oberen Stengelgliede zugenommen, besonders stark war sie in den Aehrchen. In der 4. Periode nimmt der Fettgehalt der oberen Blätter ab, ob durch Wanderung nach den Aehrchen, wo in dieser Periode der Fettgehalt noch ziemlich stark zunimmt, oder durch Zersetzung, ist nicht ersichtlich. In

den übrigen Theilen mit Ausnahme der unteren Stengel, wo eine geringe Abnahme zugegen ist, nimmt der Fettgehalt um ein geringes zu. In der 5. Periode nimmt der Fettgehalt in der ganzen Pflanze ab.

1000 Pflanzen erzeugen oder verlieren:

Periode	I.	II.	III.	IV.	V.
Aehrchen	—	+8,169	+17,514	+15,984	—2,357
Ganze Pflanze	+20,088	+23,541	+33,994	+14,710	—8,305

In der 5. Periode verliert die Pflanze Fett und zwar aus allen Theilen, nur in den unteren Stengeln bleibt der Gehalt an Fett unverändert; es scheint diese Abnahme auf eine Zersetzung hinzudeuten.

Wie die organischen Stoffe in den Samen eintreten und in demselben verändert werden, hat uns Lucanus durch eine sehr schöne Untersuchung des Reifens des Roggens gezeigt.*) Seine Untersuchung erstreckt sich auf Halm, Körner und Spelzen in 5 verschiedenen Perioden und will ich seine Resultate für stickstoffhaltige Substanz, Zucker, Stärke, Fett und Asche in den folgenden Tabellen zusammenstellen; ich werde mich indess auf Halm und Körner beschränken. Die Perioden waren folgende:

Periode I. (28. Juni das Material eingesammelt). Stroh noch völlig grün, Körner gleichfalls grün, sehr weich, klein, Saft der Körner hell und klar.

Periode II. (gesammelt am 23. Juli). Stroh frisch und grün, der Körnersaft fing an milchigt und trübe zu werden. In den beiden ersten Perioden konnte „mit dem Auge“ noch keine Ablagerung von Stärke (Stärkekörner) in den frischen Körnern wahrgenommen werden; da aber die Analyse beträchtliche Massen von Stärke erkennen liess, so muss dieselbe in gelöster Form in den Körnern vorhanden gewesen sein, — so spricht sich Lucanus aus und er wird Recht haben, wenn er unter dem Mikroscop keine Stärkekörner gesehen hat. Er hält es jedoch auch für möglich, dass in den Körnern zur Zeit des Einsammelns Dextrin und Zucker vorhanden gewesen seien, die sich bis zur Ausführung der Analyse in Stärke umgewandelt haben.

Periode III. (gesammelt am 10. Juli). Saft in den Körnern dick und milchig weiss, Stroh noch ziemlich grün.

---

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band IV. S. 147.

Periode IV. (gesammelt am 18. Juli). Körner fest, Flüssigkeit aus ihnen verschwunden, Stroh gelb und trocken; die Körner sassen noch fest in den Spelzen. Gelbreife des Landwirths, bei welcher gewöhnlich geschnitten wird.

Periode V. Durch gelinden Druck gingen die Körner aus den Spelzen. Ueberreife des Landwirths.

100 Pflanzen nehmen auf (bilden) oder verlieren in Grammen:

Körner.

Periode	I.	II.	III.	IV.	V.	Körner enthielten zu Ende von Periode V.:
Stickstoffhaltige Substanz	10,66	+1,38	+4,06	+1,65	+0,90	18,66
Zucker*)	2,67	+0,62	−1,37	−0,03	−0,07	2,13
Stärke**)	67,54	+28,13	+32,37	+18,54	+21,68	168,25
Fett	2,73	+0,43	+0,07	−0,97	−0,65	1,62
Asche	3,00	+1,42	−0,22	+0,70	+0,73	5,74

Halme.

						Halme enthielten zu Ende von Periode V.:
Stickstoffhaltige Substanz	11,75	+0,29	−2,59	−2,34	−0,85	3,96
Zucker	19,65	−6,71	−2,19	−9,40	−0,38	0,98
Stärke	44,47	+0,43	−9,42	−8,64	+0,99	28,84
Fett	5,17	+1,32	−2,19	−1,87	−0,98	1,45
Asche	8,65	−1,31	+0,31	−0,12	−0,46	7,08

Bei den Spelzen nimmt die stickstoffhaltige Substanz, der Zucker und Stärke von Periode zu Periode ab, ebenso das Fett; die Asche nimmt in der 2. und 4. Periode um ein Weniges zu; in der 3. und 5. ab.

Die Körner nehmen bis zur letzten Reife, solange sie noch auf dem Stengel sind, eiweissartige Substanz auf, der Halm verliert dafür von der 2. Periode an diese Stoffe; es ist eine Wanderung aus dem Halme in die Körner. Stickstoffhaltige Substanz scheint wohl während des Reifens bei dem Roggen nicht gebildet worden

*) Unter Zucker sind alle mit Wasser ausziehbare und Kupferoxyd (Kehling'sche Flüssigkeit) reducirende Körper verstanden.

**) Unter Stärke sind auch andere durch Kochen mit Schwefelsäure in Zucker verwandelbare und dann durch Kupferoxyd reducirt werdende Stoffe mit einbegriffen.

zu sein, denn Abnahme in Halmen und Spelzen entsprechen nahezu der Zunahme in den Körnern — 7,8 + 1 (Halm und Spelzen) = 8,8 Abnahme, die Zunahme in den Körnern ist 8 Gramm in 100 Pflanzen —.

Der Zucker nimmt im Halme beträchtlich ab, weil er von hier nach den Aehren, den Körnern, wandert; in den Körnern wird er, sowie der dort vorhandene Zucker, in Stärke verwandelt; daher in Halm und Korn eine beständige Abnahme des Zuckers und Zunahme der Stärke; auch das Fett nimmt ab und dürfte schliesslich auch wohl in Stärke verwandelt werden. Die Stärke im Halme ist ebenfalls in bedeutender Abnahme begriffen und wandert nach den Körnern hin. Vergleicht man den Gehalt der Halme und Spelzen zu Anfang des Reifens mit dem Gehalte zu Ende der letzten Periode, so sind höchstens 40 Gramm Zucker, Stärke, Fett (dessen Kohlenstoff auf Stärke berechnet) weggegangen; es sind aber gegen 100 Gramm Stärke in die Körner eingetreten; es muss demnach noch Stärke in der Pflanze gebildet worden sein. Nach der Beschaffenheit der Halme zu urtheilen, könnte die Stärkebildung nur in den drei ersten Perioden stattgefunden haben, da in der 4. Periode das Stroh schon gelb und ziemlich trocken und jedenfalls wenig assimilationsfähig war, in der 5. Periode gar keine Assimilation mehr stattfand. Die bedeutendste Vermehrung der Stärke fällt in die 1., 2. und 3. Periode und es entspricht in diesen die Abnahme in den Halmen bei Weitem nicht der Zunahme in den Körnern; in diesen Perioden hat die Pflanze noch assimilirt und Kohlenhydrate gebildet. In der 4. Periode ist die Zunahme der Stärke 18,5 Gramm; die Abnahme der Stärke und des Zuckers in den Halmen 18 Gramm, hierzu die Abnahme der beiden Stoffe in den Spelzen von 2 Gramm, giebt 20 Gramm: die Abnahme in den Halmen und Spelzen genügt vollständig, um die Zunahme in den Körnern zu erklären. In der 4. Periode fand keine Assimilation Statt. In der 5. Periode ist die Zunahme der Stärke 21,7 Gramm; die Abnahme in Halmen und Spelzen aber unbeträchtlich; auch lässt es sich nicht aus den Untersuchungen ersehen, dass andere stickstofffreie Substanzen in dem Maasse in Stärke verwandelt wurden, dass die Stärkezunahme auch nur annäherungsweise gedeckt werde; wenn in der 4. Periode sich keine Assimilation mehr zeigte, so ist dieselbe in der 5. Periode gewiss nicht mehr zugegen: wie sollen wir nun die beträchtliche Zunahme der Stärke

in den Körnern in der letzten Periode erklären? Es bleibt uns nichts anderes übrig, als eine Zuwanderung der Stärke oder eines anderen Kohlenhydrates aus der Wurzel anzunehmen. Demnach fände in den zwei letzten Perioden des Reifens eine völlige Entleerung der Pflanze Statt; zuerst wandern die Kohlenhydrate aus dem oberirdischen Halme in die Körner (4. Per.), dann geht die Entleerung bis auf die Wurzel weiter und nun wandern auch von hier aus die Kohlenhydrate in die Körner durch den Halm (5. Periode).

Ausser den physiologischen Aufschlüssen dieser mühsamen und höchst verdienstreichen Arbeit, ergeben sich aus ihr auch einige beachtenswerthe praktische Andeutungen, besonders wenn man die hier mitgetheilte Versuchsreihe mit einigen anderen gleichzeitig ausgeführten Versuchsreihen über die Reifungsverhältnisse des Roggens vergleicht. Je länger die Frucht auf dem Felde bleibt, um so mehr eiweissartige Stoffe und Stärke nehmen die Körner aus den übrigen Pflanzentheilen und jedenfalls auch aus den Wurzeln auf. Die Pflanzen im Stadium der Ueberreife geschnitten, liefern die stärke- und stickstoffreichsten Samen. Da aber bei der Ueberreife die Samen sich leicht von der Pflanze trennen und dadurch ein Verlust an Körnern zu erwarten ist, so dürfte es doch nicht räthlich sein, die Erndte bis zur Ueberreife hinauszuschieben. Verbleiben die Körner nach dem Schneiden der Pflanze zur Zeit der Gelbreife mit dem Halme und den Spelzen in Zusammenhang, so finden noch Stoffwanderungen aus diesen in die Körner Statt, letztere nehmen noch Stärke und eiweissartige Stoffe auf. Die Körner von 100 Pflanzen enthielten in Grammen gleich bei dem Schneiden von den Spelzen und den Halmen getrennt und später getrennt, und zwar in der 4. Periode (Gelbreife) geschnitten:

	Gleich getrennt:	Später getrennt:	Differenz:
Stickstoffhaltige Substanz	17,76	19,34	+1,58
Stärke	146,57	149,15	+2,58
Zucker	2,20	0,82	—1,38

Die eiweissartige Substanz hat durch das Nachreifen der Körner zugenommen; es hat sich noch etwas Zucker in Stärke verwandelt und ausserdem ist noch Stärke aus den Halmen und Spelzen in die Körner eingetreten. Die Zunahme durch das Nach-

reifen ist aber nicht so bedeutend, als wenn die Pflanzen bis zur Ueberreife auf dem Felde bleiben und die Wurzeln sich noch entleeren können. In der Miete oder in der Scheune nehmen die Körner noch an Gehalt zu.

Die Keimkraft der Körner ist, wenn die Pflanze erst in der Periode der Ueberreife geerndtet wird, am vollkommensten. Man soll also das Samgut bis zur Ueberreife auf dem Felde lassen.

Es würde interessant sein, die Vorgänge bei der Assimilation, dem Stoffwechsel und der Stoffwanderung, wie für die Cerealien vorstehend geschehen, auch für eine andere Pflanze in Zahlen darzustellen und zu verfolgen; es gestattet dies aber keine von den bekannten Arbeiten. Am vollständigsten wurden in dieser Beziehung nur die Cerealien untersucht. Unzweifelhaft sind alle diese Verhältnisse bei anderen blühenden und reifenden Pflanzen nicht wesentlich verschieden; mag auch der eine Stoff in grösserer Menge umgewandelt werden oder wandern, wie wir für die Cerealien erkannt haben, mag auch in den Perioden die Wanderung und Assimilation sich etwas anders gestalten, im Allgemeinen werden diese Verhältnisse doch, wie gesagt, dieselben sein. Es lassen sich die Vorgänge während des Blühens und Reifens in das folgende allgemeine Bild zusammenfassen.

Während in der Periode des Wachsens die Assimilation eine rege war, die neugebildeten Stoffe aber zum grössten Theile zur Organbildung verwendet wurden, setzt sich die Assimilation auch noch in die Periode des Blühens und der ersten Entwicklung des Samens fort. In dieser Periode aber hat die Pflanze in der Regel ihre Ausbildung erreicht, nur bleibt die Entwicklung der Blüthenorgane und der Frucht noch übrig. Es wird zu dieser aber nicht soviel organische Substanz zur Organbildung verwendet als erzeugt wird, und die Folge davon ist eine Ablagerung und Anhäufung der Bildungsstoffe. Zur Zeit der Blüthe findet eine allgemeine Wanderung der Bildungsstoffe nach den Blüthenorganen Statt. In der Blüthe wird eine Zelle zur Keimzelle entwickelt, diese wird befruchtet und bildet sich zum Embryo oder Keimpflänzchen aus. Jetzt erst findet eine stärkere Ablagerung von Bildungsstoffen um den Embryo Statt, welche zur Ernährung der Keimpflanze bei ihrer demnächstigen Entwicklung dienen sollen. Die Reservestoffbehälter sind entweder ein Theil des Embryo, die Cotyledonen oder Samenlappen, in welche sich

in grösserer Menge Bildungsstoffe ablagern, oder es bildet sich um den Embryo ein Eiweisskörper, in welchem dann die Aufspeicherung der Bildungsstoffe stattfindet, oder es sind beide Organe gleichzeitig zugegen und in Bildungsstoffbehälter umgewandelt. Die Assimilation während des Reifens des Samens dauert solange fort, als die Blätter nicht abgestorben sind; dem entsprechend treten auch anorganische Nährstoffe aus dem Boden und der Luft in die Pflanze ein. Die durch Assimilation neugebildeten Stoffe, sowie die in früheren Perioden in der Pflanze schon aufgespeicherten Bildungsstoffe wandern nach den Samen hin; hört die Assimilation auf, so werden doch beständig noch Bildungsstoffe aus den Blättern, dem Stengel und der Wurzel zu den Samen hingeführt, eine Wanderung, die solange fortdauert, bis keine wanderungsfähigen Bildungsstoffe mehr in der Pflanze vorhanden sind, vorausgesetzt, dass die Pflanze nicht vorzeitig in dieser Thätigkeit gestört wird. Sind zur Wanderung und zum Stoffwechsel besondere anorganische Stoffe nöthig, so werden diese in die Pflanze eintreten, oder sie sind schon früher eingewandert und treten später erst ihre Rolle an.

Stärkemehl und Oel sind vorzugsweise neben eiweissartigen Stoffen diejenigen Bildungsstoffe, welche im Samen zur Ablagerung gelangen. Zucker tritt hier und da auch wohl einmal in grösserer Menge auf, selten hat derselbe aber das Uebergewicht in den Samen. Das Oel scheint in den Samen aus anderen Stoffen, aus Stärke und Zucker, gebildet zu werden, eine Wanderung desselben aus dem Stengel in den Samen ist nicht wahrscheinlich. Es müssen bei den Oelpflanzen Bedingungen zugegen sein, welche die Zersetzung oder Umwandlung des Oels oder Fettes in andere Stoffe, welche wir bei den stärkemehlhaltigen Samen beobachteten, verhindern.

Die Bildung stickstoffhaltiger Substanzen scheint im Allgemeinen früher aufzuhören als die Bildung von stickstofffreien Stoffen. Näheres darüber und unter welchen Bedingungen dies geschieht, ist im Interesse der Pflanzencultur nöthig zu wissen; es ist dann vielleicht möglich, in die Bildung der stickstoffhaltigen Substanzen einzugreifen, sie zu verlängern oder schneller zu Ende zu führen, welch letzterer Fall z. B. bei dem Tabak eintreten würde.

Die Bildung von Kohlenhydraten dauert solange als die

Blätter nicht abgestorben sind und das Licht der Sonne die genügende chemische Kraft besitzt; die Umwandlung der Stoffe, der Stoffwechsel setzt sich bis zur Reife der Pflanze fort.

Kali und Kalk wandern vorzugsweise in den ersten Perioden in die Pflanze hinein und vorzüglich in die Blätter; während des Wachsens sammelt sich der Kalk in den Blättern an, je älter die Blätter geworden, um so reicher sind sie auch an Kalk; das Kali hingegen verlässt die Blätter wieder zum Theil, wenn sie älter werden, und wandert nach der Blüthe hin. Die Magnesia tritt in grösster Menge gewöhnlich auch während des Wachsens ein, bei manchen Pflanzen jedoch auch zur Zeit der Blüthe; sie wandert vorzugsweise nach den Blättern, von hier aber während des Blühens und Reifens nach der Blüthe und Frucht. Die Phosphorsäure wird gewöhnlich vorwaltend in der Blüthe aufgenommen, um diese Zeit und während des Reifens wandert sie in grösster Menge nach der Frucht. Schwefelsäure wandert zunächst nach den Blättern, ebenso Ammoniak und Salpetersäure; in grösster Menge werden diese Stoffe hier zersetzt, um als Eiweiss und eiweissartige Stoffe aus den Blättern in die anderen Organe zu wandern; eine auffallende Wanderung der genannten anorganischen Stoffe nach andern Theilen wird nicht bemerkt, auch nicht nach den Samen; von der Schwefelsäure ist bekannt, dass sie nach der Blüthe und Frucht hinwandert, indess ist diese Wanderung nicht besonders ausgeprägt. Chlor und Natron finden wir nach allen Theilen in Wanderung begriffen, ohne aber eine Ansammlung in irgend einem Organe zu beobachten; bei dem Reifen wandern beide aus den Samen in den Stengel zurück; dabei ist in mancher Pflanze mehr Chlor in Rückwanderung begriffen, als dem rückwandernden Natron entspricht, welcher Umstand darauf hindeutet, dass das Chlor ausser mit Natron auch mit anderen Basen (Kali) zurückwandert. Die Kieselsäure lagert sich vorzüglich in den Oberhautzellen ab, und tritt in die Pflanze bis zur Reife ein.

Schwefelsäure, Ammoniak und Salpetersäure werden zersetzt und in Eiweissstoffe umgewandelt; Kali und Kalk scheinen bei der Assimilation und besonders bei der Kohlenhydratbildung eine Rolle zu spielen, letzterer und ebenfalls das Kali und vielleicht Magnesia und Natron dienen dazu, die im Assimilationsprocesse ausgeschiedenen oder im Stoffwechsel gebildeten Säuren zu binden, weshalb diese Stoffe am meisten in den Blättern erscheinen; Phosphorsäure,

Magnesia, Chlor stehen in gewissen Beziehungen zur Blüthe und Frucht; erstere, an Kali gebunden, scheint den Eiweissstoffen eine besondere Wanderungs-, Diffusionsfähigkeit zu verleihen.

Bildungsstoff-Ablagerung in Stengelorganen und Wurzel.

In dem vorhergehenden Capitel haben wir die Bildungsstoff-Ablagerung in den Organen der Frucht näher in's Auge gefasst; die Ablagerung der Bildungsstoffe als Reservestoffe in Stengel und Wurzel ist nicht wesentlich verschieden. Es findet diese Ablagerung bei solchen Pflanzen Statt, die in den Reservestoffbehältern den Winter überdauern und dann eine neue Pflanze treiben. Die Ablagerung im Stengel ist bei krautartigen Gewächsen selten, sie findet sich meistens bei Bäumen und baumartigen Pflanzen; ich werde darauf zurückkommen. Ablagerung in oberirdische Blätter zeigen die Kohlarten, welche als Gemüse gebaut werden. Eine Ablagerung in unterirdische Blätter haben die Zwiebelgewächse, welche eine Brutzwiebel schon in der letzten Zeit der Vegetationsperiode bilden, die in der nächsten Vegetationsperiode zur Entwicklung kommt. Die Pflanzen mit Rhizomen oder unterirdischen Stengeln häufen in diese Bildungsstoffe auf, wie Gräser, Spargel u. s. w. Reservestoffablagerung in die Wurzel finden wir bei den rübenartigen Gewächsen und schliesslich ist noch die Reservestoff-Ablagerung in Knollen oder fleischig entwickelte Rhizomglieder, welche Knospen tragen, zu erwähnen. Bei allen diesen Gewächsen ist die Reservestoffablagerung wenig verschieden.

Die Bildungsstoffe, welche vorzüglich zur Ablagerung kommen, sind Stärke, Inulin (bei Tombinambur und Georginen), Zucker (bei Rüben, Zwiebeln) und eiweissartige Substanz. Fett, pectinartige Körper u. s. w. kommen in kleinen Mengen ebenfalls mit zur Ablagerung, diese scheinen aber an Ort und Stelle erst aus anderen Stoffen hervorzugehen.

Die Ablagerung beginnt gewöhnlich, wenn die Pflanze ihre Ausbildung in den oberirdischen Theilen erreicht hat, und bei gleichzeitig fruchtbildenden Pflanzen zur Zeit der Blüthe z. B. entwickeln sich bei der Kartoffel die Knöllchen, wenn die Pflanze anfängt zu blühen. Bei den Wurzelgewächsen bildet sich die

Wurzel schon in der Periode des Wachsens aus, die grösste Ablagerung von Zucker findet aber erst später Statt.

Wenn in den Blättern grössere Mengen von Bildungsstoffen erzeugt werden, so wandern sie aus denselben fort in den Stengel und in diesem durch die Leitzellen vorzugsweise, die Kohlenhydrate wahrscheinlich aber auch durch das Parenchym, in die ober- oder unterirdischen Blätter oder in die Wurzeln oder Rhizome und Knollen.

Gerade bei diesen Pflanzen tritt die hohe Bedeutung der Blätter für die Assimilation und Erzeugung organischer Stoffe hervor; hier lässt sich die Sache ad oculos demonstriren. Man braucht den Kartoffeln oder Rüben nur einen Theil der Blätter zu nehmen, um den Ertrag an Kohlenhydraten abnehmen zu sehen. Es ist diese Sache physiologisch zu interessant und nebenher von zu grosser praktischer Bedeutung, als dass ich hier nicht einige Versuche mittheilen sollte. Ich will mich auf die ausführlichen Versuche von Nobbe beschränken. Auf 2 Parzellen blieben die Runkelrüben unangetastet, auf einer 3. wurden den Rüben die fünf äussersten, auf einer 4. die zehn äussersten Blätter und zwar Mitte August genommen; auf der 4. Parzelle wurden Anfang September noch einmal jeder Rübe 2 bis 4 äussere Blätter genommen. Mitte October war die Erndte. In der folgenden Tabelle sind die Gesammt-Erndteerträge, auf Ein Hectar berechnet, incl. der früher weggenommenen Laubmassen angegeben.*)

Gesammtertrag pro Hectare in Kilogrammen:

Parzellen.	Gesammt-Trocken-substanz.	Zellstoff.	Proteinstoffe.	Zucker.	Asche.
		In den Blättern:			
I. II.**)	1190	176,3	214,4		244,2
III.	1384	187,1	248,2		254,6
IV.	1750	232,9	439,4		302,3
		In den Wurzeln:			
I. II.	2521	192,2	257,5	1436,8	126,9
III.	2351	202,6	230,1	1224,2	118,5
IV.	1333	126,5	158,7	698,2	88,8

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band IV. S. 246.

**) Durchschnittsertrag der Parzellen I. und II.

Der Gesammtertrag an Blättern hatte durch das Abblatten zugenommen, an Wurzeln dagegen abgenommen. Die Zunahme der Trockensubstanz oder organischen Masse der Blätter erklärt sich daraus, dass die abgeblatteten Pflanzen fortwährend neue Blätter entwickeln, aber auf Kosten der Rübenentwicklung. Mit dieser Neubildung geht eine Vermehrung der gesammten Proteinsubstanz in Rüben und Blättern einher; es wird also von den neu entwickelten Blättern nicht nur der Rübe Proteinsubstanz entzogen, sondern es wird dabei überhaupt eine grössere Menge von Proteinsubstanz erzeugt. Es deutet diese Erscheinung darauf hin, dass die Proteinstoffbildung vorwiegend in den jüngeren ausgebildeten Blättern stattfindet, während die Kohlenhydratbildung in den älteren ausgebildeten Blättern noch in stärkerem Maasse stattfindet, d. h. die ausgebildeten Blätter lassen mit der Proteinstoffbildung eher nach als mit der Kohlenhydratbildung. In den nicht entlaubten Pflanzen hört die Blattbildung zu einer gewissen Zeit auf, die vorhandenen Blätter haben dann bald alle eine Ausbildung erreicht, bei welcher die Proteinstoffbildung nicht mehr lebhaft von Statten geht und schliesslich ganz aufhört, während sich die Kohlenhydratbildung noch lange fortsetzt. In den entlaubten Pflanzen werden die älteren kohlenhydraterzeugenden Blätter fortgenommen, die nach und nach entstehenden Blätter kommen zur Ausbildung und erzeugen noch Proteinstoff in grösserer Menge, während dessen Bildung bei den nichtentlaubten Pflanzen schon nachgelassen hat. Die Zuckerbildung hat in den entlaubten Pflanzen ganz bedeutend abgenommen. Der Gesammtertrag an Asche ist in den zweimal entlaubten Pflanzen um ein Geringes höher, und wurde in den Blättern der Aschenertrag durch das Abblatten erhöht, in den Wurzeln vermindert.

Zu einem Versuche mit Kartoffeln wurden 4 gleiche Parzellen verwendet; auf der ersten blieben die Pflanzen unberührt und unbehäufelt; auf der 2. Parzelle wurde zweimal behäufelt; auf der 3. vor Beginn der Blüthe 3—4 ausgewachsene Blattfieder, sammt ihren jungen Achselzweigen, weggeschnitten; auf der 4. Parzelle geschah ein Gleiches am 13. Juli (Beginn der Blüthe) und am 9. August.*)

---

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band IV. S. 89.

Der Gesammtertrag auf 1 Hectare war in Kilogrammen:

	Knollen.	Frisches Laub.
Unberührt	18978	5131
2 Mal behäufelt	19191	8402
1 Mal entlaubt	18409	7228
wiederholt entlaubt	5779	19425

Durch wiederholte Entlaubung hatte der Knollenertrag sehr bedeutend ab, der Laubertrag ebenso bedeutend und zwar durch Neubildung von Blättern auf Kosten der Knollen zugenommen. Wie sich der Gesammtertrag an Trockensubstanz, Stärke, Eiweiss u. s. w. in den Knollen verhält, ergiebt die folgende Zusammenstellung.

Ertrag pro Hectare in Kilogrammen (Knollen):

	Trockensubtanz.	Proteinstoffe.	Stärke (Zucker, Pectin etc.)	Asche.
2 Mal behäufelt	5717	458,6	4859,2	169,6
wiederholt entlaubt	1371	152,2	1126,9	52,30

Also auch hier eine sehr bedeutende Minderproduction von Kohlenhydraten, eine Abnahme der Proteinstoffe in den Knollen bei entlaubten Pflanzen. Offenbar ist aber auch hier die Gesammt-Proteinstoffproduction in Knollen und Laub um ein Beträchtliches höher wie in den nicht entlaubten Kartoffeln.

Diese Versuche zeigen, in welchen nahen Beziehungen die Blätter zur Assimilation und Stoffbildung stehen. Es dürfte als sehr wahrscheinlich zu betrachten sein, dass die Production von stickstoffhaltigen Substanzen mit dem Alter der Blätter in viel grösserem Verhältnisse abnimmt wie die Bildung von Kohlenhydraten. Je länger die Pflanzen auf dem Felde bleiben, um so mehr Kohlenhydrate werden erzeugt, vorausgesetzt, dass Temperatur und Lichtverhältnisse dies gestatten und die Blätter, wie bei den Rüben, lange assimilationsfähig bleiben.

Der thätige Agriculturchemiker Rob. Hoffmann hat diese Verhältnisse mehrere Jahre hindurch an Zuckerrüben studirt.*) Er entnahm einem Rübenfelde in jeder der unten verzeichneten Perioden eine grössere Anzahl (12 Rüben), untersuchte jede einzelne auf den Zuckergehalt ihres Saftes. Die Durchschnittzahlen von den ver-

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Band III. S. 283, Band IV. S. 203.

schiedenen Rüben jeder einzelnen Periode sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Der Saft enthält Zucker in Procenten:

	Zuckerprocente.	Tägliche Zunahme.
5. August	8,62	
25. „	9,30	0,0303
5. September	9,53	
25. „	10,12	0,0295
5. October	12,17	0,2050
25. „	13,30	0,0560
5. November	13,41	
20. „	12,97	Abnahme.
5. December	14,78	0,1206

Bis zum 20. November hat also eine Zunahme des Zuckers stattgefunden; die Abnahme von dieser Zeit bis zum 20. November ist durch „abnorme feuchte Witterung“ herbeigeführt worden, wodurch, wie es scheint, der Saft in der Rübe verdünnt wurde. Die am 5. December untersuchten Rüben hatten bereits auf Mieten gelegen und darf man die bedeutende Zunahme nur einer Concentrirung des Saftes in der Rübe durch Verdunstung von Wasser zuschreiben. Die bedeutendste Zuckerzunahme fällt in den October; in dieser Zeit ist mithin auch die Bildung von Zucker und wahrscheinlich die Assimilation kohlenhydratliefernder Stoffe am grössten. Ob aber nach October noch eine Assimilation stattfindet, lässt sich aus derartigen Versuchen nicht erkennen; es konnten ja auch bereits früher gebildete Kohlenhydrate in Zucker übergehen. Genaue Untersuchungen über den Gehalt an Zucker, Stärke und stickstofffreien Stoffen, an Proteinstoffen und anorganischen Stoffen in verschiedenen Perioden und in Wurzel und Blatt werden uns erst mit den Assimilations- und Wanderungsverhältnissen der in Wurzel und Knollen u. s. w. Reservestoffe ablagernden Pflanzen bekannt machen und zwar muss dabei die Production einer gewissen Fläche oder einer gewissen Anzahl Pflanzen zur Grundlage genommen werden. Wie ich schon einmal bemerkt habe, liegt es im Interesse der Pflanzencultur und der Landwirthschaft, über die Erzeugung der stickstoffhaltigen und stickstofffreien organischen Substanzen in den verschiedenen Perioden der Entwicklung Näheres und ganz Ausführliches zu wissen.

Was nun die Wanderung der anorganischen Stoffe betrifft, so ist es besonders das Kali, das zur Zeit der Zuckerwanderung aus den Blättern in die Wurzeln ebenfalls diesen Weg macht; auch die Phosphorsäure scheint aus den Blättern in die Wurzeln hinabzudiffundiren. Die übrigen Stoffe häufen sich in den Blättern an, ohne eine besondere Wanderung nach unten zu zeigen. Nach einer Untersuchung Anderson's zu schliessen, dürfte bei rübenartigen Gewächsen auch der Kalk, wahrscheinlich an eine organische Säure gebunden, nach der Wurzel diffundiren.

Hier lassen sich wohl am besten die Veränderungen erörtern, welche das Blatt während seiner Entwicklung und Ausbildung hinsichtlich seiner Zusammensetzung erleidet.

Bis zu ihrer Ausbildung nehmen die Blätter Kohlenhydrate und stickstoffhaltige Substanz auf; ist die Ausbildung erreicht, so vermehrt sich der Gehalt an Cellulose nicht mehr, die stickstofffreien Stoffe nehmen auch nicht mehr zu und die stickstoffhaltige Substanz geht in grösserer Menge gewöhnlich aus den Blättern fort, als sie dort nacherzeugt wird. Je älter die Blätter werden, um so mehr nimmt der Wassergehalt in ihnen zu, und die Zellflüssigkeit an gelösten Stoffen ab; die jungen Blätter sind reich an Kali und Phosphorsäure, je älter sie werden, um so weniger enthalten sie; Kalk, Magnesia und Kieselsäure nehmen mit dem Alter zu. Bei den Rübengewächsen repräsentiren die verschiedenen Blattkreise das verschiedene Alter der Blätter. Müller und Mittenzwei haben uns für Runkelrüben die verschiedene Zusammensetzung der Blattcyclen mitgetheilt. Ich will hier einige der uns interessirenden Daten mittheilen. Der erste Blattcyclus ist der äusserste, also die ältesten Blätter, der siebente der jüngste, die Herzblätter. (Siehe umstehende Tabelle.)

Diese Zahlen geben uns ein deutliches Bild der Veränderung des Blattes. In den jüngsten Blättern ist der Saft bei Weitem concentrirter wie in den älteren Blättern; in jene treten aus dem Stengel Bildungsstoffe ein, welche aus den fertigen ausgebildeten Blättern fortgehen; diese Stoffe sind in den jüngeren Blättern im Safte gelöst, daher dieser denn auch concentrirter ist. Die Verdünnung des Zelleninhaltes in den älteren Blättern verursacht das Sinken der Trockensubstanz. Kalk und Magnesia werden in den älteren Blättern ausgeschieden, wodurch der Aschengehalt um so grösser wird, als die Blätter älter sind.

Cyclus.	Die frischen Blätter enthalten in Procenten:				Concentration des Saftes in Procenten:	Trockensubstanz enthält Asche in Procenten:
	Trockensubstanz.	Asche.	Saftmenge.	Im Saft gelöste Stoffe.		
1.	8,64	2,69	95,11	3,75	3,9	31,16
2.	8,97	2,16	—	—	—	23,03
3.	9,43	2,03	95,65	5,08	5,3	21,56
4.	11,22	2,00	—	—	—	17,82
5.	12,16	1,97	94,81	6,97	7,4	16,20
6.	12,36	1,73	—	—	—	14,01
7.	12,01	1,72	95,71	7,71	8,1	14,30

Bis jetzt wurden fast ausschliesslich nur die Kohlenhydrate, Proteinsubstanzen und Mineralstoffe untersucht; wie sich die andern Stoffe, Alkaloide und organische Säuren besonders, in der Pflanze verhalten, wissen wir nicht. Ueber den Gehalt der Runkelrübenblätter an Oxalsäure besitzen wir von Müller und Mittenzwei eine Untersuchung. Sie untersuchten die Blätter der obengenannten Cyclen auf ihren Gehalt an gelöster und ungelöster Oxalsäure. Der Wassergehalt der Blattcyclen ist in der vorigen Tabelle angegeben.

Oxalsäuregehalt der Runkelrübenblätter. (Oxalsäure = $C_2 O_3$)

Cyclus.	Die frischen Blätter enthielten Procente $C_2 O_3$:			Concentration des Saftes in Bezug auf $C_2 O_3$ in Procenten:	Trockensubstanz enthält Procente gelöste und ungelöste $C_2 O_3$:
	gelöste.	ungelöste.	Summa.		
1.	0,29	0,66	0,95	0,32	10,98
2.	0,30	0,56	0,86	0,33	9,62
3.	0,19	0,32	0,58	0,21	6,11
4.	0,18	0,49	0,60	0,20	5,35
5.	0,19	0,38	0,57	0,22	4,65
6.	0,19	0,40	0,59	0,22	4,75
7.	0,08	0,15	0,23	0,09	1,85

In den jüngsten eben in Entwicklung begriffenen Blättern fand offenbar noch keine Assimilation Statt, auch lässt sich nicht wohl annehmen, dass dort ein mit Oxalsäureentstehung endigender Stoffwechsel schon zugegen sei; die in diesen Blättern vorhandene

Oxalsäure ist aus den älteren Blättern heraufdiffundirt. Die Oxalsäure ist an Basen gebunden und zum Theil als unlösliches, zum Theil als gelöstes Salz zugegen. Es ist eigenthümlich, dass die Concentration des Zellsaftes vom 3. bis 6. Blattkreise in Bezug auf Oxalsäure gleichmässig concentrirt ist; ohne Zweifel setzen sich die gelösten oxalsauren Salze hinsichtlich der Concentration zwischen den verschiedenen Blattkreisen in's Gleichgewicht, und scheint auch dieses Gleichgewicht sich auf die ältesten Blätter, auf den 1. und 2. Blattkreis, mit zu erstrecken, wobei sich dann die höhere Concentration daselbst aus dem Vorkommen schwer löslicher Salze erklären liesse, die in der lebenden Pflanze ausgeschieden sind, die aber bei dem längeren Auswaschen mit grösseren Mengen Wasser sich auflösten. In den älteren Blättern ist der Gehalt an ungelöster Oxalsäure am grössten, sowie daselbst auch der Gesammtgehalt am bedeutendsten ist; ob dies auf einer vorherrschenden Erzeugung von Oxalsäure beruht oder ob aus höheren Blattkreisen die Oxalsäure hierher diffundirt und durch Basen abgeschieden wird, muss dahingestellt bleiben; ersteres dürfte aber wohl als das Wahrscheinlichste anzusehen sein.

Die baumartigen Gewächse.

Wenn auch die baumartigen Gewächse hinsichtlich ihrer Vegetationserscheinungen von den anderen Pflanzen nicht wesentlich verschieden sind, so liessen sie sich doch nicht gut in einer Reihe mit denselben betrachten. Stamm und Wurzel dieser Pflanzen sind ausdauernd, die Blätter dagegen sterben von Zeit zu Zeit ab und werden durch neue ersetzt. Bei den Laubhölzern unserer Zone verlieren die Blätter mit dem Ende der Vegetationsperiode ihre Thätigkeit, sie sterben ab und werden früher oder später abgeworfen. Die immergrünen Baumgewächse und Sträucher behalten ihre Blätter mehrere Vegetationsperioden hindurch. Die Kiefer (Pinus silvestris) trägt ihre Nadeln 3—4 Jahre, Tanne und Fichte (Abies pectinata und Picea vulgaris) 10—12 Jahre, Stechpalme (Ilex aquifolium) ebenfalls mehrere Jahre. In den Blattachseln bilden sich im Sommer Knospen, welche den Winter überdauern und von schuppenförmigen Blättern gegen die Kälte des Winters geschützt sind. Im nächsten Frühjahre kommen dieselben zur

Entfaltung, und zwar bei manchen Bäumen zuerst die Blüthenknospen, Pfirsiche, bei andern die Blätter oder beide zugleich.

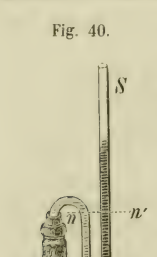
Um die Vegetationserscheinungen zu verfolgen, wählen wir am besten einen dikotyledonen Baum. Seine Gewebselemente sollen im Stammtheile folgende sein: zu innerst Mark, darauf nach aussen aufeinander folgend Holz und Gefässe, Leitzellen und Cambium, Bastkörper und Rindenparenchym, das Bildungslager des Korkes und am weitesten nach aussen der Kork, welcher die Oberhaut ersetzt. Rindenparenchym, Cambium, junges Holz und Mark sind durch die Markstrahlen mit einander in Verbindung gesetzt; die jungen Zweige und Blätter sind nach aussen von Epidermis begrenzt, der Kork fehlt ihnen noch.

Im Sommer lagern sich im Rindenparenchym, im Baste und im jungen Holze, sowie in den Markstrahlen und im Marke, wenn letzteres vorhanden ist, Bildungsstoffe als Reservestoffe ab. Mit dem Aufhören der Thätigkeit der Blätter, mit ihrem Absterben im Herbste hören die Saftströmungen durch den Baum auf, mit ihnen auch die Assimilation und sonstige Lebensthätigkeit; die Vegetationsprocesse ruhen. Der Zellsaft besitzt im Frühjahre eine grössere Concentration in Bezug auf die Bildungsstoffe; Zucker, mehr aber noch Dextrin und im Frühjahre vielleicht gelöste Stärke, sowie eiweissartige Stoffe sind in dem Zellsafte enthalten, besonders aber auch im Zellsafte der Wurzel. Dringt im Frühjahre die Wärme in die Erde ein, so werden die Diffusionsvorgänge geweckt, vorzüglich wird die Diffusion des Wassers eingeleitet, die im Zellensafte enthaltenen Stoffe, Zucker, Dextrin, Eiweiss, ziehen aus dem Boden Wasser an, die Diffusion des Wassers steigt höher in der Wurzel auf und in den Stamm ein; überall, wo das Wasser hinkommt, löst es ausgeschiedene Bildungsstoffe, besonders Stärke, um sie der Wanderung nach oben zu den Knospen zugänglich zu machen. Nach Hartig soll in den Wurzeln mehr Stärke abgelagert sein, wie im Stamme, etwa 4 Mal soviel.

Wenn die tiefer in der Wurzel oder in dem Stamme liegenden Zellen Wasser aufgenommen haben, so entsteht in ihnen ein vom Innern der Zelle nach aussen wirkender Druck, welcher das Austreten der Stoffe nach den höher liegenden weniger in Spannung befindlichen Zellen befördert. Es ist also die Stoffwanderung einmal eine Diffusion, dann nimmt aber auch der Druck der in höhere Spannung versetzten Zellen gegen die minder gespannten Theil

daran. Man hat den Druck, unter welchem die Säfte stehen, mehrfach zu messen versucht. Hoffmeister schnitt eine Wurzel nahe am Stamme ab und befestigte an das Stammende der Wurzel eine gebogene Röhre; in diese hinein ergoss sich der Saft und stieg darin zu einer nicht unbeträchtlichen Höhe. Schneidet man den Stamm eines Weinstockes zur Zeit der ersten Saftbewegung (des Thränens) im Frühjahre dicht über der Wurzel ab und befestigt auf den Stammstumpf eine doppelt gebogene Röhre (Fig. 40), welche etwas Quecksilber enthält, so ergiesst sich der Saft aus der Wurzel in diese Röhre und hebt das Quecksilber 22 bis 32 Zoll, was einer Wassersäule von 25—36 Fuss entspricht. Hales hat diesen Versuch zuerst ausgeführt. Der Druck in der Wurzel beträgt demnach 1½ bis 2½ Atmosphären; er ist hier nicht so gross wie in einem endosmosischen mit Eiweiss- oder Zuckerlösung gefüllten Apparate. Auch höher im Stamme zeigt sich dieser Druck; es wird derselbe zur Anschauung gebracht, wenn man Röhren in den Baum einsetzt oder Aeste abschneidet und mit Röhren in Verbindung setzt.

Fig. 40.



Von den Leitzellen aus tritt das Wasser in das Rindenparenchym, in den Bastkörper und das junge Holz ein; es werden darin Stoffe gelöst, und die zunehmende Wassermenge in den Zellen verursacht ihre Spannung und den Druck, um so mehr aber, als um diese Zeit die Blätter noch nicht entwickelt sind und das Wasser nicht aus dem Stamme fortdunstet. Die Spannung besonders in den Leitzellen und jungen Holzzellen presst den Zellsaft auch in die luftführenden Gefässe, sogar in ältere luftführende Holzzellen hinein. Um diese Zeit wird aus allen abgeschnittenen Stamm- und Zweigetheilen Flüssigkeit hinausgepresst, welche Erscheinung das „Bluten“ genannt wird, die Füllung der

Fig. 40. Der Hales'sche Versuch. (V) der abgeschnittene Stamm des Weinstockes, (S) die Röhre, in welcher das Quecksilber anfangs gleich hochsteht und zwar in der Linie (nn). Quecksilber dunkel schraffirt, ausgetretener Saft heller schraffirt. Das Quecksilber ist gehoben.

Gefässe aber „Frühlingssaftstrom der Gefässe" von den älteren Physiologen.

Dass auch bei den Holzgewächsen hauptsächlich die Leitzellen die leitenden Gewebe für die Bildungsstoffe sind, dürfte wohl nicht zu bezweifeln sein, wenigstens für die schwer diffusiblen Stoffe; doch mag auch vorzüglich bei den leichter diffundirenden Stoffen, wie Zucker, das Parenchym und die dünnmembranigsten Zellen des jungen Holzes (Splintes) mit Theil daran nehmen. Ich habe schon früher bemerkt, dass die Porenkanäle des jungen Holzes auf seitliche Strömungen hinweisen und eine besonders lebhafte axiale Strömung nicht andeuten. Es scheint demnach das junge Holz mehr als Reservestoffbehälter zu dienen; in ihm kommen Stärke u. s. w. zur Ablagerung; später tritt wieder von Neuem Wasser in grösserer Menge in die Holzzellen ein, die abgelagerten Stoffe kommen zur Lösung und, indem sie seitlich in die Leitzellen und in's Parenchym diffundiren, treten sie die allgemeine Wanderung nach oben an. Nach den neuen Untersuchungen von Dippel und von Hoffmeister sollen die Wände der Holzzellen vielfach durchbrochen sein, so also, dass die Porenkanäle zweier aneinanderstossender Zellen direct in einander übergehen. Diese Einrichtung würde die Stoffwanderung aus dem jungen Holze nur noch erleichtern, da an den durchbrochenen Wänden die Strömung nicht durch eine Membran verlangsamt wird. An dem aufsteigenden Saftstrome nehmen gewiss auch die dünnwandig gebliebenen Bastzellen und die Siebporenzellen, wo letztere sich finden, mit Antheil. Nicht minder werden die luftführenden Gefässe, wenn sie sich im Frühjahre mit Saft füllen, die Stoffwanderung nach oben begünstigen; in ihren ziemlich langen Hohlräumen ist die Bewegung der Flüssigkeit und der gelösten Stoffe gewiss eine leichte; die Gefässe stehen vom Stamme aus bis in die Knospen mit einander in Verbindung, und wenn sie sich mit Flüssigkeit füllen, wenn aus benachbarten Zellen Stoffe in sie eintreten, durch Druck und durch Diffusion, so hebt der von unten wirkende Druck die Flüssigkeit nicht nur schnell in die Höhe bis zu den Knospen, sondern in den langen Gefässkanälen ist auch die Diffusion (Hydrodiffusion) der gelösten Stoffe in der Flüssigkeit bedeutend erleichtert und schneller von Statten gehend. Wenn von neueren Physiologen der Saftfüllung der Gefässe — dem Frühlingssaftstrome in den Gefässen — nur eine passive Rolle zugeschrieben wurde, so müssen wir doch be-

kennen, dass die Ansicht der älteren Physiologen manches Wahre hatte; freilich ist der Frühlingssaftstrom in den Gefässen nicht der einzige Weg der Wanderung der Bildungsstoffe, wie es sich die älteren Physiologen vorstellten, er nimmt aber an der Wanderung der Bildungsstoffe zu den Knospen einen wesentlichen Antheil.

Alles vereinigt sich, um eine schnelle Wanderung der Bildungsstoffe zu den Knospen möglich zu machen; die Bildungsstoffe müssen indess auch in grösserer Menge von unten zu den Knospen wandern, da die schnelle Entwicklung der Blätter und der bedeutende Stoffverbrauch daselbst die Zuwanderung einer grösseren Menge von Bildungsstoffen nöthig macht.

Ausser den organischen Bildungsstoffen wandern gewiss auch andere organische, besonders aber anorganische, von der Wurzel aufgenommene Stoffe nach oben, welche letztere erst bei der Ausbildung der Blätter zur Assimilation gelangen. Nach den Untersuchungen Langlois' enthält der Frühlingssaft (Ende März) freie Kohlensäure, salpetersaures Kali, milchsaure Alkalien, Chlorammonium, schwefelsaures Kali, phosphorsauren und weinsteinsauren Kalk und Eiweiss.

Gelangt das Wasser nun zu den Knospen, so nehmen deren Zellen, welche an eiweissartigen Stoffen und vielleicht an schleimigen Kohlenhydraten reich sind, in grösserer Menge Wasser auf, schwellen auf, die Knospe dehnt sich aus, sprengt ihre Hüllen und das Wachsthum hat begonnen. Gleich nach dem ersten mechanischen Wachsthum tritt Zellenvermehrung und dadurch weitere Vergrösserung der Knospe, Ausbildung der Blüthe oder des Blattes ein. Hat das Blatt sich entfaltet, so beginnt die Verdunstung des Wassers aus ihm und aus dem Stamme, und aus den Wurzeln diffundirt das Wasser nun beständig nach den Blättern. Zuerst wird das Wasser aus den sonst luftführenden Gefässen aufgenommen; diese verlieren ihren flüssigen Inhalt und werden hinsichtlich der Ernährung wieder inactiv. Auch in den Terminalknospen beginnt ein neues Leben; Zellenvermehrung und Wachsthum tritt hier ein, die Zweigenden verlängern sich.

Zu diesen ersten Bildungsprocessen in Blüthen, Blättern und Terminalknospen werden die im Stamme und in der Wurzel aufgespeicherten Reservestoffe verwendet; je mehr die Entwicklung an den wachsenden Organen voranschreitet, um so mehr wird der Stamm an reservirten Bildungsstoffen erschöpft. Hofmeister

untersuchte das Holz der Weinrebe auf seinen Gehalt an in Wasser löslichen Stoffen zu verschiedenen Zeiten. Aus dem geraspelten und bis zum Aufhören der Gewichtsabnahme getrockneten Holze der Wurzel liessen sich mit kaltem Wasser Anfang Februar 8 Procent, Mitte März 5,69 bis 5,88, Mitte Juni aber nur 3,79 Procent fester Substanz ausziehen. Der goldgelbe getrocknete Rückstand dieser Lösung schmeckte im Frühling süsslich, im Juni aber nicht mehr. Die Periode der Lösung der Reservestoffe dauert nach Hartig im Allgemeinen 2 Monate; später werden die gelösten Reservestoffe in den Bildungsprocessen verbraucht.

Der Beginn der Stoffwanderung im Frühjahre ist abhängig von dem Eintritt einer höheren Temperatur im Boden. Ich habe früher ausführlich gezeigt, wie mit der Temperaturzunahme die Diffusionsströmungen beschleunigt werden; dieser Einfluss muss sich natürlich auch zwischen dem Zelleninhalte der Baumwurzeln und der im Boden vorhandenen Flüssigkeit zeigen. Im beginnenden Frühlinge ist der Boden an Wasser reich, der Inhalt der Wurzelzellen ist ziemlich concentrirt; sobald nun eine höhere Temperatur in den Boden eindringt, wird die Wasserdiffusion lebhaft werden. Ein Gleiches gilt auch von den gelösten anorganischen Nährstoffen; ihre Diffusion wird ebenfalls mit dem Eintritt einer höheren Bodentemperatur anfangen lebhafter zu werden. Solange wie die Blätter noch nicht entwickelt sind, ist die höhere Bodentemperatur, unterstützt von der Temperatur des oberirdischen Stammes, die einleitende Ursache des Eintrittes von Wasser und anorganischen Stoffen in die Wurzel. Von wesentlichem Einflusse ist hier aber auch die physikalische Beschaffenheit des Bodens. Je grösser das Wärmeleitungsvermögen desselben ist, um so eher tritt die Stoffbewegung ein. Mit dem Eintritt einer stärkeren Insolation im Frühjahre erwärmt sich zuerst die obere Bodenschicht, die Wärme dringt allmählig tiefer in den Boden ein. In der oberen Bodenschicht ist die Diffusion einleitende Temperatur eher vorhanden, wie in tieferen Schichten; Bäume, die den grössten Theil des wurzelfädenentsendenden Wurzelwerkes in der oberen Bodenschicht verbreiten, werden deshalb auch früher ihre Vegetationsthätigkeit beginnen, als solche, bei welchen dieser Theil des Wurzelwerkes in tieferen Schichten liegt. Damit in Zusammenhang steht auch die Zeit der Knospenentfaltung. Auf die letzte ist indess auch die Höhe des Baumes von Einfluss. Es ist klar, dass in einem hoch-

stämmigen Baume, in welchem der Weg der Stoffwanderung von der Wurzel zu der Krone und den Knospen ein längerer ist, das Wasser und die Bildungsstoffe später in den letztgenannten Organen anlangen als bei niederstämmigen Bäumen. Junge Tannen grünen früher als ältere Bäume dieser Art; ein Eichenniederwald entfaltet seine Knospen früher als ein Eichenhochwald. An demselben Baume haben die Wurzelausschläge früher Blätter als die Krone.

Weil die erste Stoffwanderung aus dem Boden in die Wurzel abhängig von der Bodentemperatur ist und diese täglichen Schwankungen unterliegt, so muss die Saftbewegung ebenfalls tägliche Schwankungen zeigen. Diese Schwankungen treten in der Periodicität des Blutens abgeschnittener Stamm- oder Wurzeltheile in die Erscheinung. Nach Hartig beginnt das Bluten der Hainbuche um 9 Uhr Abends, ist am stärksten um 3 bis 4 Uhr Morgens, dauert bis zur Mittagsstunde und fängt dann Abends 9 Uhr wieder an. Die höchste Temperatur kommt um so später in der tieferen Bodenschicht an, als diese tiefer liegt. Während die höchste tägliche Temperatur der Bodenoberfläche kurze Zeit nach Mittag eintritt, trifft sie in einer gewissen Tiefe, in jener Tiefe, welche den grössten Theil der aufsaugenden Wurzeln birgt, erst gegen Abend, Mitternacht oder noch später ein; um diese Zeit beginnt aber auch erst die lebhafteste Diffusion der Stoffe in die Wurzel und nach oben in den Stamm. Die Spannung in den Zellen wird grösser und an abgeschnittenen Wurzeln oder Stammtheilen tritt das Bluten ein, welches allmählig an Stärke abnehmend solange dauert, bis die Temperatur wieder gesunken ist. Die höchste Temperatur scheint bei der Hainbuche, welche um 3—4 Uhr Morgens am stärksten blutet, zwischen 1 und 3 Uhr Morgens in jener Schicht anzukommen, in welcher sich ihre meisten Wurzeln verbreiten, oder vielleicht noch früher, wenn das Bluten an einem höheren Theile des Stammes geschah, wohin zu gelangen der Saftstrom und die Spannung längere Zeit nöthig haben. Berücksichtigt man die Tiefe jener Schicht, in welcher der Baum den grössten Theil seiner Aufnahmeorgane verbreitet, die täglichen Schwankungen der Bodentemperatur, und die Höhe des Stammes, in welcher die Zellenspannung (das Bluten) beobachtet wird, so wird sich die Periodicität der Saftsteigung und des Blutens in jedem Falle erklären lassen. Je höher man übrigens im Stamme aufsteigt, um so schwächer wird das Bluten. Bleibt die beim Bluten in die Röhren

ergossene Flüssigkeit mit dem Baume auch während der Zeit des Nichtblutens in Berührung, so wird der ergossene Saft bei manchen Bäumen wieder aufgesogen. Wenn nämlich die Aufnahme von Wasser durch die Wurzeln aufhört, so vertheilt sich das die Spannung der Zellen verursachende Wasser auf höher gelegene Theile des Baumes und auch wohl noch seitlich in Gefässe und Holz und die Spannung lässt nach. Die minder gespannten Zellen an der blutenden Wunde würden dann eben so gut Wasser und flüssige Stoffe aufnehmen wie die Zellen der Wurzeln. Das Bluten hört bald auf, wenn die Blätter sich entwickelt haben und die Verdunstung in ihnen beständig einen Theil des Wassers aus dem Baume fortführt.

Hartig erklärt das Bluten durch die im Gefäss- und Holzzellensafte eingeschlossene Luft, welche selbst im saftreichsten Zustande des Baumes zur Hälfte ihres Hohlraumes mit Luft angefüllt seien und zur Hälfte mit Saft. Eine abwechselnde Abscheidung und Wiederaufnahme der Gase soll dann die genannten Erscheinungen hervorrufen. Ihm musste überhaupt aber diese Erscheinung nicht klar sein, weil er die Temperaturschwankungen des Bodens übersehen hat; die tägliche Periodicität, der tägliche Wechsel zwischen Blutung und Saugung bei der Hainbuche ist ihm, wie er sagt, „eine um so merkwürdigere Thatsache, als er sich nicht auf die Wirkung äusserer Temperatur- oder Feuchtigkeitszustände der Atmosphäre zurückführen lässt.“ Die constanten Stunden des Wechsels widersprechen einer jeden Annahme dieser Art.“ Es liegen aber die Saftbewegungsursachen nicht allein in der Atmosphäre, sondern auch im Boden. (S. d. Schluss des Cap.)

Nachdem die Blätter sich ausgebildet haben, beginnt auch ihre assimilirende Thätigkeit und die Erzeugung der Bildungsstoffe. Diese wandern aus den Blättern nicht nur zu den wachsenden und sich verlängernden Zweigenden, und nach der sich ausbildenden Frucht, sondern auch nach unten in Stamm und Wurzeln. Schon in der Zeit der ersten Vegetation ist im Cambium des Stammes und der Zweige bereits Zellentheilung und Neubildung von Gefässen eingetreten. Dieselbe wird aber erst lebhaft, wenn aus den Blättern Bildungsstoffe herabgekommen sind, dann tritt die Bildung von Holzzellen, von Bast- und Parenchymzellen, welche Zellenbildung das Dickenwachsthum des Baumes zur Folge hat, recht lebhaft ein. Die Holzbildung beginnt nach Hartig in den oberen Extremi-

täten des Baumes, in den jungen Zweigen, bereits im Mai, und setzt sich langsam nach unten fort, so dass sie in den dünnen Seitenwurzeln erst viel später, bei der Eiche Anfang August, beginnt; sie dauert nach ihm in den Gipfeltrieben bis 5 Monate, in den Seitenwurzeln nur 2 Monate. Die Ablagerung neuer Reservestoffe beginnt nach Hartig in den Wurzeln, aber nach der Art des Baumes in verschiedener Zeit, bei dem Ahorn schon im Mai, bei der Kiefer erst im September. Uebrigens wird dies auch nach der Höhe des Baumes verschieden sein, nach der Länge des Weges, welchen die Stoffe von den Blättern nach der Wurzel zurückzulegen haben. In dem Bastkörper und dem Rindenparenchym, sowie in dem Cambium, wandern die in den Blättern erzeugten Bildungsstoffe nach unten; durch die Markstrahlen verbreiten sie sich seitlich auf das Holz, aber auch aus den Leitzellen werden sie seitlich nach den jungen Holzzellen wandern. Aehnlich wie im Cambium, beginnt die Zellenbildung auch in dem mehr nach aussen gelegenen Bildungslager des Korkes und werden ihm wahrscheinlich die Bildungsstoffe auch direct aus den Blättern zugeführt.

Die Terminalknospe behält ihre Thätigkeit länger bei, weshalb denn auch das Wachsen der Zweigenden und neuen Zweige bis tiefer in die Vegetationsperiode hinein fortdauert. Die Bildungsstoffe werden ihr, wie bei allen Gewächsen, aus den fertigen und ausgebildeten Blättern durch die Leitzellenbündel der Axen zugeführt.

Die Aufnahme anorganischer Stoffe fängt schon zur Zeit der ersten Wasseraufnahme im Frühjahre an und setzt sich fort bis zu Ende der Vegetationsperiode.

Wenn die Bildungsthätigkeit der Blätter schwächer wird oder aufhört, verursacht durch das Herabgehen der Temperatur oder andere Verhältnisse, so hört auch bald die lebhafte Vegetationsthätigkeit auf, die Stoffwanderungen werden langsamer u. s. w. Mit dem Absterben der Blätter, welche früher oder später vom Baume abfallen, hört der Verdunstungsstrom durch den Baum auf; allmählig sinkt nun auch die Temperatur des Bodens, die Diffusionsströmungen zwischen seiner Flüssigkeit und den Wurzelzellen werden immer schwächer; die Aufnahme von Wasser scheint bei den tiefwurzelnden Bäumen wohl nie ganz aufzuhören. Schon im Januar ist in vielen Bäumen eine grössere Menge Wasser eingetreten und die Spannung in den saftleitenden Zellen keine geringe,

wenn dann aber das Eindringen einer höheren Temperatur in den Boden die Wasserdiffusion in die Wurzelzellen stärker macht, nimmt die Spannung so bedeutend zu, dass das Bluten einzutreten vermag. In milden Wintern, wenn die mittlere Tagestemperatur + 4° R. übersteigt, blutet der Ahorn beständig; ein Beweis, dass Wasser von seinen Wurzeln aufgenommen wird. Ebenso verhält es sich auch mit den anorganischen Nährstoffen. Die Vegetationsperiode ist zu Ende; die Stoffbewegungen in dem Pflanzenkörper sind indess anfänglich noch nicht vollständig aufgehoben, denn es wandern noch Bildungsstoffe nach den Knospen und den unteren Theilen der Axe, nach den Wurzeln, es treten noch Ausscheidungen von Reservestoffen ein, besonders von Stärke. Die Winterruhe ist, wenigstens für die erste Zeit, nur eine scheinbare, denn im Baume selbst sind die Stoffwanderungen noch nicht zur Ruhe gekommen. In milden Wintern scheint dieselbe überhaupt nie ganz zu ruhen; wenn eine so milde Temperatur herrscht und die Stammtheile eine so hohe Temperatur behalten, dass in ihr Diffusionsströmungen stattfinden können, so wandern vorzüglich nach den Knospen Bildungsstoffe, die Knospe entwickelt sich, wenn auch nur langsam; bei dem Eintritt der wärmeren Frühjahrswitterung treten dann sehr schnell und schon frühzeitig die Knospen hervor, in sehr kurzer Zeit stehen die Bäume in Blüthe und haben sich belaubt. In kalten Wintern ist das ganz anders, die Knospen kommen sehr unentwickelt in's Frühjahr, es muss die wärmere Witterung schon lange angedauert haben, ehe die Bäume in ihrem Blüthen- und Blattschmuck prangen.

Bäume und baumartige Gewächse, welche ihre Blätter den Winter hindurch behalten und wenn dieselben dabei lebensthätig bleiben — Nadelhölzer, Ilex Aquifolium — verhalten sich hinsichtlich der ersten Frühjahrs-Saftströmung etwas verschieden von den anderen Bäumen. Bei ihnen erreicht die Spannung der Zellen der saftführenden und saftleitenden Gewebe niemals einen solchen Grad, dass sie bei Verwundungen Zellflüssigkeit auspressen, sie bluten nicht. Auch diejenigen Bäume, bei welchen die abgestorbenen Blätter den Winter über auf dem Baume bleiben und erst bei der Entwicklung neuer Blätter abfallen, bluten sehr schwach oder gar nicht, wie die Eiche. Die Ursache dieser Erscheinung ist nicht zu verkennen: die grünbleibenden Blätter der Nadelhölzer z. B. verdunsten bei entsprechender Temperatur und

Luftfeuchtigkeit den ganzen Winter hindurch, wenn auch nur schwach; im Frühjahr ist die Verdunstung aber eine stärkere und dadurch kann sich nicht soviel Wasser in dem Baume anhäufen, dass die Zellen in eine höhere Spannung versetzt werden. Auch die abgestorbenen mit dem Stamme in Verbindung gebliebenen Blätter verdunsten gewiss noch immer Wasser und führen solches aus dem Stamme ab. Nach Hartig bluten von unsern einheimischen Bäumen Fagus, Carpinus, Betula, Juglans, Acer, Cornus, Vitis.

In den Holz- und anderen Zellen befinden sich während des Winters Gase neben flüssigem Inhalte; die Zellen sind zum Theil mit flüssigem Inhalte, zum Theil mit Luft angefüllt und selbst in dem flüssigen Inhalte haben sich Gase aufgelöst; dringt im Frühjahre eine wärmere Temperatur in den Stamm ein, so dehnt sich die Luft in den Zellen aus und die in dem Safte gelösten Gase werden entbunden. Um Letzteres zu verstehen, muss man bedenken, dass Flüssigkeiten um so mehr Gase aufnehmen, als die Temperatur niedriger ist, dass aber ein Theil des Gases bei dem Steigen der Temperatur wieder ausgetrieben wird. Ausdehnung und Austreibung der Luft bewirkt einen Druck auf den flüssigen Inhalt der Zellen und dadurch wird das erste Bluten gewiss mit verursacht. Diese Verhältnisse bedingen aber sicher nicht das Bluten allein, wie aus der eigenthümlichen Periodicität desselben schon hervorgeht; in der ersten Zeit des Blutens mögen sie sehr bedeutend mitwirken; je mehr aber die Gase verschwinden, und das geschieht schon sehr bald, um so schwächer wird die Kraft der eben angedeuteten Verhältnisse; sehr bald wird das Bluten nur noch von der Einführung von Wasser in die Wurzeln bedingt sein.

Zweite Abtheilung.

Andeutungen zu einer Theorie der landwirthschaftlichen Pflanzencultur.

Die Pflanzencultur.

Das Geheimniss der Pflanzencultur besteht in der Kenntniss von den Beziehungen der Ausseneinwirkungen auf die Pflanze und ganz besonders von den Beziehungen der einzelnen Nährstoffe zu den physiologischen Processen in der Pflanze. Wenn wir in der ersten Abtheilung sahen, dass das Licht die Assimilation der anorganischen Nährstoffe einleitet, dass Wärme und Licht in den Stoffwechsel bezüglich der organischen Stoffe eingreifen, so ist es klar, dass wir durch Entziehung und Vermehrung von Licht und Wärme auf die Entwicklung der Pflanze, auf die dabei stattfindenden Vorgänge einwirken können. Unzweifelhaft wirkt z. B. das Licht auf die Erzeugung von ätherischen Oelen ein, sind uns nun die Beziehungen beider zu einander genau bekannt, so wird es uns möglich sein, je nach unseren Zwecken in die Bildung der ätherischen Oele einzugreifen. Unsere Kenntniss von den Beziehungen des Lichtes und der Wärme zum Stoffwechsel sind aber noch so unendlich gering, dass von einem Eingreifen in die physiologischen Processe keine Rede sein kann. Etwas mehr sind uns die Beziehungen der Nährstoffe zu den physiologischen Processen bekannt; aber eine Leitung der Ernährung, um gewisse Absichten bei der Pflanzenentwickung zu erreichen, ist auch bis heute erst andeutungsweise möglich. Je mehr der Kreis unserer Kenntnisse von den Beziehungen der Ausseneinflüsse und der Ernährung zu den physiologischen Processen in der Pflanze sich erweitert, um so mehr ist die Pflanzencultur in die Hand des denkenden Menschen gegeben. Freilich ist bis jetzt die Pflanzencultur nur ein Werk des Zufalls gewesen und selbst in der Gartencultur, worin man die Anfänge einer selbstbewussten Pflanzencultur findet, ist die letztere wohl noch nicht als verstandenes Eingreifen

in die physiologischen Processe der Pflanze anzusehen, wenigstens solange es sich um die cultivirenden Einwirkungen durch Ernährung handelt.

Unsere Culturpflanzen sind aus wildwachsenden Pflanzen hervorgegangen; unsere Cerealien waren unzweifelhaft Gräser mit schwachen, stärke- und proteinstoffarmen Samen, unsere Rüben spindelwurzelige Pflanzen; die wilden Stammeltern unserer Gemüsepflanzen sind Kohlarten mit zähen und bitterschmeckenden Blättern; der wohlschmeckende Apfel, die feinduftende, schmelzende Birne sind auf den Stammeltern saure und würgende Früchte. Der Zufall brachte die wildwachsende Pflanze unter reichere und eigenthümlich zusammengesetzte Nährstoffmischungen, unter eigenthümliche Ausseneinflüsse und die längere Einwirkung solcher Momente, begünstigt häufig durch den beobachtenden Menschen, welche den Zufall zu Nutze machten, haben allmählig die wilden Pflanzen zu den Formen unserer Culturpflanzen geführt. Es würde mich zu weit führen, auf die Geschichte der Culturpflanzen näher einzugehen. Aber die Pflanzencultur muss dem Zufalle entrissen werden, sie muss eine That des denkenden Menschen sein.

In der ersten Abtheilung haben wir gesehen, dass gewisse Zusammensetzungen der Nährstoffmischungen befördernd oder hemmend auf gewisse physiologische Processe in der Pflanze einwirken. Die richtige Benutzung der Nährstoffmischungen muss demnach die Grundlage der Pflanzencultur sein.

Eine Nährstoffmischung mit einem grossen Gehalte (Verhältnisse) an stickstoffhaltigen und schwefelsäurehaltigen Stoffen wirkt auf die Organbildung treibend ein, die Blätter und Stengel entwickeln sich üppig, gewisse anatomisch dazu geeignete Theile der Wurzel des unterirdischen oder oberirdischen Stengels schwellen an, indem die Anhäufung der organischen Bildungsstoffe daselbst eine aussergewöhnliche Zellenvermehrung veranlasst. Wenn in dem letzten Falle durch vermehrten Gehalt des Kalis in der Nährstoffmischung die Kohlenhydrate in vermehrter Menge erzeugt werden, häufen sich an den üppig entwickelten Orten (Reservestoffbehältern), vielleicht begünstigt durch eigenthümliche physiologische Vorgänge, die Kohlenhydrate an. Zuerst wird also durch Organbildung das anfänglich einfache Gewebe ausgedehnt, nämlich durch rege Zellenvermehrung vergrössert, hernach häufen sich die Kohlenhydrate und andere Stoffe in grösserer Menge darin an.

Wenn in einer Pflanze phosphorsaure Salze, vorzüglich aber phosphorsaures Kali in grösserer Menge vorkommen, so wird dadurch die Anhäufung von Kohlenhydraten und Proteinstoffen in den Samen begünstigt. Gehen wir von der, jetzt freilich noch problematischen, Voraussetzung aus, dass Phosphate, das phosphorsaure Kali insbesondere, die Löslichkeit und Durchgangsfähigkeit der Albuminate begünstigen und vermehren, so sind die Vorgänge bei der Samenentwicklung leicht zu verstehen. Durch die räumlich sehr beschränkten Diffusionswege in den Blüthenstielen, den Halmen u. s. w., und wenn die Eiweissstoffe nur einen geringeren Grad von Durchgangsfähigkeit (Diffusibilität) besitzen, ist die Wanderung der Eiweissstoffe zu den Samen eine geringe. Sobald aber durch grösseren Gehalt der Pflanze an Phosphaten die Diffusibilität und Membrandurchdringungsfähigkeit erhöht wird, wandert es leichter nach den Samen, erzeugt dort eine üppige Organbildung und macht es anderen Stoffen möglich, sich in grösserer Menge dort abzulagern — Stärke, Oele — d. h. es wurden in dem Samen mehr Zellen gebildet und dadurch wird Raum zu einer grösseren Anhäufung von Stärke u. s. w. geschaffen.

Wenn eine Pflanze Mangel an phosphorsaurem Kali hat, denken wir uns eine Cerealienpflanze, dabei aber in grösserer Menge Stickstoff- und Schwefelsäure-Nahrung zugeführt erhält, so werden in den Blättern Organbilder — organische Bildungsstoffe — erzeugt; da diesen aber eine grössere Diffusibilität fehlt, ist ihre Wanderung erschwert, sie diffundiren nur zum Keimlager des Halmes, veranlassen hier eine rege Zellenbildungsthätigkeit, welche die Bildung von Seitensprossen zur Folge hat. Vom Keimlager des Halmes aus erzeugen sich immerfort neue Sprossen, die Wanderung der Bildungsstoffe durch den Halm zur Terminalknospe ist erschwert, die Blüthe oder der Same entwickelt sich nicht und die Pflanze ergeht sich in fortwährender Sprossen- und Blättererzeugung.

Die vorstehenden Schilderungen sollen weiter nichts als Hypothesen sein, sie sollen aber dem Forscher vorzugsweise zeigen, wie er das Pflanzenleben aufzufassen, was er zu erforschen hat, um die Pflanzencultur aufzuklären und sie dem menschlichen Geiste unterwürfig zu machen.

Ausser durch die Nährstoffmischung kann auch durch die Behandlung der Pflanze die Ernährung wesentlich beeinflusst werden,

vorzugsweise die Ernährung einzelner Organe. Nehme ich einer einstengeligen Pflanze die Spitze und damit die Endknospe, so habe ich ihr Längswachsthum gestört, und die in den Blättern erzeugt werdenden organischen Stoffe werden, wenn sie sich im fortbildungsfähigen Gewebe des Stengels anhäufen, vermehrte Blattbildung und üppigere Entwicklung der Blätter hervorrufen. Ist die Pflanze eine astbildende, so wird sich die Organbildung auf die Verästelung der Pflanze werfen. Bei anderen Pflanzen wird durch Verhinderung des Längswachsthums die Fruchtbildung begünstigt, indem die organischen Stoffe, welche nun nicht mehr vorzugsweise zur Anlage neuer Organe verwandt werden können, nach der Frucht hindiffundiren und hier zur Ablagerung kommen. Auch derartige Eingriffe in das Leben der Pflanze gehören mit zur Pflanzencultur und verdienen die Aufmerksamkeit des Forschers. Ausführlich auf dieselben einzugehen würde uns zu weit führen; wir können hier eben nur die Gesetze der Pflanzencultur andeuten.

Der Hauptzweck der Pflanzencultur ist die Erzeugung von pflanzlicher Substanz; zunächst ist dabei die Ausbildung der Pflanze und ihrer Organe je nach dem Zwecke der Cultur im Auge zu halten, dann die Bildung der Stoffe, auf welche es abgesehen ist — Reservestoffe, Oele u. s. w. —. Proteinstofferzeugung ist gleichbedeutend mit Organerzeugung; über die Bedingungen zur Erzeugung der Reservestoffe wissen wir eben weiter nichts, als dass vermehrte Kalinahrung eine vermehrte Erzeugung von Kohlenhydraten zur Folge hat. Ausser auf die landwirthschaftlich hervorragendsten Culturpflanzen und die Gartengewächse, müssen die rationellen Culturprincipien auch auf die wichtigen Handelsgewächse Anwendung finden; so haben wir es bei dem Tabak mit Alkaloiden, bei dem Hopfen mit Alkaloiden (?) und ätherischem Oel, bei dem Kümmel, Fenchel u. s. w. mit ätherischem Oel u. s. w. zu thun; selbst die medicinisch wichtigen Pflanzen, welche in unserem Klima eine Cultur gestatten, müssen mit in den Kreis der rationellen Pflanzencultur gezogen werden. Leider wissen wir über die Vorgänge bei der Bildung der Alkaloide, ätherischen Oele u. s. w. so sehr wenig, dass wir über Andeutungen zu Culturprincipien noch nicht einmal eine Ahnung aussprechen können. Hier hat aber die Pflanzencultur noch ein weites und pecuniär lohnendes Feld ihrer Forschung. Die vorstehenden Erörterungen

werden klar gemacht haben, was unter einer Culturpflanze zu verstehen ist; sie ist also eine Pflanze, deren physiologischen Processe eine Richtung angenommen haben, welche den Zwecken des Menschen mehr entspricht, als die normal verlaufenden physiologischen Processe. Diese Definition dürfte aber in Zukunft eine andere Fassung annehmen, und zwar wird sie einmal lauten: die Pflanze, deren physiologischen Processe vom Menschen zu irgend einem Zwecke geleitet werden, ist eine Culturpflanze.

Der Ackerbau.

Der landwirthschaftlichen Praxis ist vorzugsweise die Aufgabe zu Theil geworden, Pflanzenmasse zu produciren. Das Hauptgewicht dieser Production fällt auf Stoffe, welche zur Ernährung der Menschen und Thiere dienen, namentlich Eiweissstoffe, Kohlenhydrate und fette Oele, doch nimmt die landwirthschaftliche Praxis auch noch die Production anderer Stoffe mit in den Kreis ihrer Thätigkeit auf, Tabak (Alkaloide), ätherische Oele (Kümmel), fette Oele als Beleuchtungsmaterial (Oelpflanzen) u. s. w. Die Pflanzen, sich selbst überlassen, würden es nicht zu einer dem Menschen entsprechenden und genügenden Production von Pflanzensubstanz bringen, deshalb muss der Landwirth die Cultur der Pflanzen leiten. Hauptsächlich geschieht dies durch die Ernährung, durch die Düngung; er ersetzt dem Boden die durch die Erndte entnommenen Stoffe; er verändert aber auch die Beschaffenheit des Bodens derartig, dass die Ernährung der Pflanzen überhaupt möglich und erleichtert wird. Ueber die Ausseneinflüsse, über die klimatischen Einwirkungen auf die Pflanze hat der Landwirth im Grossen und Ganzen keine Macht; er muss sich mit seinen Pflanzen diesen Verhältnissen accommodiren, er muss eben solche Pflanzen zum Anbaue wählen, welche unter den vorhandenen klimatischen u. dgl. Verhältnissen existiren, welche mit lohnendem Erfolge angebaut und cultivirt werden können. Boden und Ernährung — Düngung — sind demnach die vorzugsweisen Angriffspunkte der landwirthschaftlichen Cultur der Pflanzen. Doch auch die klimatischen Verhältnisse bleiben nicht ganz ausserhalb des

Angriffskreises des Landwirthes; soll indess über dieselben etwas vermocht, sollen sie der Pflanzencultur günstiger gemacht werden, so gehört dazu die Vereinigung vieler Kräfte. Wo z. B. die Gegend durch Vorherrschen der Waldung feucht und kalt ist, wo durch Stauung des Wassers im nahen Untergrunde des Bodens auf ausgedehnten Flächen die Gegend feucht und kalt ist, und dadurch die Cultur vieler Pflanzen nicht ermöglicht wird, da wird Entwaldung oder Trockenlegung die Bedingungen herbeiführen, welche die Cultur jener Pflanzen erfordert. In anderen Gegenden ist die Luft zu trocken, der Boden leidet an Dürre, die Cultur vieler Pflanzen ist ausgeschlossen, überhaupt ist die Production von Pflanzensubstanz eine geringe; das wird sich aber ändern, wenn die Gegend (das Gebirge namentlich) bewaldet wird, wenn Wasseradern künstlich angelegt und durch die Gegend geführt werden (wie das häufig in Italien geschieht). Alle derartigen Arbeiten sind ebensowenig von dem einzelnen Landwirthe ausführbar als auch nicht der vereinzelten landwirthschaftlichen Intelligenz unterworfen, wie dies bei den Verhältnissen des Bodens und der Pflanzenernährung der Fall ist.

Die Pflanzenernährung, wie sie in der landwirthschaftlichen Praxis ausgeführt wird, geschieht auf zwei sehr verschiedene Weisen; entweder werden die Nährstoffe als Dünger direct zugeführt, oder man führt sie im Wasser zu, d. h. um die in dem Wasser der Quellen, Flüsse, Bäche u. s. w. gelösten Nährstoffe auszunutzen, um sie in Pflanzenmasse zu verwandeln, führt man das Wasser in grossen Mengen auf die der Cultur unterworfenen Flächen. Die erstere Art der Ernährung finden wir bei dem Ackerbaue, die zweite Art bei der Wiese, freilich nur bei der rationell bewirthschafteten Wiese, bei der Rieselwiese. Wir handeln nun zunächst von dem Ackerbaue.

Die Bodenbearbeitung.

Den ersten Angriffspunkt der Pflanzencultur in der landwirthschaftlichen Praxis giebt der Boden. Der Boden muss eine bestimmte physikalische Beschaffenheit haben, wenn er den Pflanzen, welche auf ihm gebaut werden sollen, genügen soll, wenn er die Ernährung derselben erleichtern und die Production von Pflanzensubstanz in gewünschter Weise befördern soll. Hinsichtlich der

physikalischen Eigenschaften haben wir 4 Cardinalpunkte zu berücksichtigen:

1. Der Boden muss so beschaffen sein, dass sich in ihm und in dem nahen Untergrunde kein Wasser ansammelt; das Wasser, welches ihm durch atmosphärische Niederschläge und sonstwie von oben zugeführt wird, muss schnell aus dem Obergrunde in eine tiefere Schicht des Untergrundes abgeführt werden, auch nicht in grösserer Menge capillarisch festgehalten werden, dabei darf er das Wasser aber auch nicht gar zu schnell verdunsten lassen. Der Boden muss immer eine gewisse Menge Wasser enthalten. Vergl. S. 100, 381, 395.

2. Die Luft muss in den Boden leichten Zutritt haben, doch darf die Durchlüftung nicht so stark sein, dass die Feuchtigkeit schnell aus ihm fortgeführt wird.

3. Der Boden muss bis zu einer gewissen Tiefe (mindestens bis zu 1 Fuss) so locker sein, dass die Wurzeln sich leicht in ihm verbreiten können. Vergl. S. 376.

4. Die obere Schicht des Bodens muss in genügender Menge Substanzen besitzen, welche die gelösten Nährstoffe absorbiren und sie verhindern, durch Regen in den Untergrund hinabgewaschen zu werden. Vergl. die Capitel über Nährstoff-Absorption u. s. w.

Nur in wenigen glücklichen Gegenden hat der Boden eine vollkommen den Culturpflanzen zusagende Beschaffenheit, an den meisten Orten fehlt ihm Dieses, an anderen Jenes; die landwirthschaftliche Praxis muss aber soviel wie möglich die fehlerhaften Eigenschaften zu heben suchen, und wo dieses nicht in vollständigster Weise möglich ist, muss er den Bodenverhältnissen die Gewächse anpassen. Auf leichtem Sandboden z. B. Raps ziehen zu wollen, wäre eine nicht lohnende Cultur, selbst wenn auch durch starke Düngung und sogenannte Kunstdünger einmal ein hoher Ertrag erzielt worden ist; auf solchem Boden cultivirt man mit lohnendem Erfolge nur Roggen, mit Raps bleib man ihm fern.

Die vorhin angeführten physikalischen Eigenschaften in ihrer Beziehung zur Pflanze habe ich bereits ausführlicher erörtert und bleibt mir hier nur noch übrig, auf die Hebung der fehlerhaften Eigenschaften des Bodens hinzuweisen. Man erwarte jedoch nichts mehr als blosse Andeutungen, denn die ausführliche Be-

sprechung dieses Gegenstandes gehört in die Physik des Bodens und den allgemeinen Ackerbau.*)

Entwässerung. Wo sich im Untergrunde Wasser ansammelt, muss es entfernt werden; es geschieht dies in der Regel durch Gräbenlegung und am vollkommensten durch die Röhrendrainage. —

Hält der Obergrund das Wasser zu lange fest, ist er in seinen Theilchen zu bindig, um dasselbe schnell nach unten abfliessen zu lassen, oder ein Uebermaass schnell zu verdunsten, so können diese Eigenschaften hergestellt werden durch Röhrendrainage, durch Verminderung der Bindigkeit (ausgeführt vermittelst Kalk- oder Humusdüngung, oder Sandmelioration) und durch Verminderung des Zusammenhangs vermittelst der Ackergeräthe. Vergl. die Capitel „Bodenconstituirende Stoffe“ und „Die Bodenarten.“ Ein durch zu starke Bindigkeit übermässig feuchter Boden kann durch Behäufelungscultur ebenfalls den Pflanzen zusagender gemacht werden. Vergl. S. 377.

Bewässerung. Wo dem Boden die Feuchtigkeit mangelt, und dadurch die Gewächse leiden oder der Anbau vieler Pflanzen unmöglich gemacht wird, muss das Wasser künstlich zugeführt werden. Es geschieht dies entweder durch directe Zuführung von Wasser, oder indirect. Die directe Bewässerung wird bei uns nur bei Wiesen angewendet, nicht aber beim Ackerbaue. In Japan, China, Italien und anderen südlichen Ländern ist die directe Bewässerung auch im Ackerbaue in Anwendung. Indirect wird eine Bewässerung des Bodens möglich, wenn man diejenigen Stoffe des Bodens vermehrt, welche die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft anziehen, oder indem man die Verdunstung aus dem Boden verhindert. Thonarme Boden meliorirt man mit thonreichen Erden, man führt ihnen humuserzeugende Stoffe zu und verdichtet ihre Lockerheit durch Walzen, Schafheerden u. s. w. Vergl. die Capitel „Bodenconstituirende Stoffe“ und „Bodenarten.“

Durchlüftung. Um einen Boden der Luft zugänglich zu machen, ist es vor Allem nöthig, ihn gehörig zu lockern und seine Lockerung möglich zu machen, welches Letztere dadurch geschieht, dass man seine Bindigkeit durch Sandmelioration, durch

*) Man vergl. mein Werk: Die Physik in ihrer Anwendung auf Agricultur und Pflanzenphysiologie. Bd. I. Physik des Bodens.

Kalk- und Humusdüngung vermindert. Die Lockerung selbst wird mit den verschiedenartigsten Ackergeräthen ausgeführt. Ein Boden, welcher zu viel Wasser enthält, verhindert den Luftzutritt; derselbe wird aber erleichtert werden, wenn das längere Verweilen des Wassers im Boden verhindert wird. In neuester Zeit wird vermittelst unterirdischer Röhrenstränge durchlüftet — sog. Luftdrainage —.

Wurzelverbreitung ist in jedem hinreichend lockeren Boden in vollkommener Weise möglich, wo ich also für gehörige Durchlüftung gesorgt habe, da ist auch für die Wurzelverbreitung das Genügende geschehen, vorausgesetzt, dass die Lockerung möglichst tief ausgeführt ist. Besonders die Lockerung der tieferen Schicht der Ackerkrume ist von besonderer Wichtigkeit. Vergl. S. 377.

Absorptionskraft. Wo in der oberen Schicht die absorbirenden Stoffe fehlen, führt jeder Regen eine grössere oder geringere Menge pflanzlicher Nährstoffe in den Untergrund, von wo aus sie der Vegetation des Feldes, von dem sie hinabgewaschen wurden, nicht mehr zu Gute kommen. Wie für die Hebung der absorbirenden Kraft zu sorgen ist, habe ich bereits früher erörtert. (Capitel: „Die Absorption der pflanzlichen Nährstoffe“ S. 113). Wo eine Herbeiführung absorbirender Stoffe nicht möglich ist, da muss man wenigstens das Wasser verhindern, leicht aus dem Obergrunde in den Untergrund hinabzugehen, indem man eine grössere Menge humoser Stoffe oder humuserzeugender Stoffe der oberen Bodenschicht zuführt.

Sind dem Boden die vorhin genannten physikalischen Eigenschaften gegeben, so hat er sich dadurch alle anderen physikalischen Eigenschaften angeeignet. (Vergl. Capitel: „Bodenconstituirende Stoffe“, „Die Beziehungen der Wärme zur Pflanzenernährung.“) Der Boden, welcher nicht übermässig feucht ist, ist warm, die Sonne erwärmt ihn leicht; dem trocknen hitzigen Boden ist mit der grösseren wasseranziehenden und festhaltenden Kraft eine niedrigere Temperatur gegeben; der entwässerte Boden besitzt eine grössere gasabsorbirende Kraft, ebenfalls aber jener Boden, dem die Möglichkeit der indirecten Feuchtigkeitszuführung gegeben wurde. Der gut durchlüftete Boden zersetzt den Humus leicht, dadurch erwärmt sich der Boden mehr und begünstigt die Auflösung der Nährstoffe; u. s. w.

Bodenerschöpfung und Düngung.

Der Boden muss pflanzliche Nährstoffe enthalten, wenn auf ihm Pflanzen gedeihen sollen; er muss bedeutende Mengen solcher Stoffe enthalten, wenn grosse Mengen Pflanzenmasse producirt werden sollen. In dem Boden, wenigstens in jedem guten Ackerboden befindet sich ein grosser Theil der pflanzlichen Nährstoffe in einer Form, in welcher sie für die Pflanzen nicht aufnehmbar sind, sie sind absorbirt; es ist deshalb nöthig, dass gleichzeitig auch im Boden in grösserer Menge Stoffe zugegen sind, welche die absorbirten Nährstoffe auflösen, welche sie in eine für die Pflanze aufnehmbare Form überführen. Wo diese Stoffe, die lösenden Agenzien fehlen, können keine bedeutende Mengen von Pflanzensubstanz erzeugt werden; die Pflanze allein, mag sie auch vielleicht in einem geringeren Grade an der Auflösung der absorbirten Nährstoffe Theil nehmen, kann es nicht zu einer grösseren Production von Pflanzensubstanz bringen. Fruchtbar, d. h. in grösster Menge Pflanzensubstanz erzeugend, ist nur ein Boden, welcher grössere Mengen pflanzlicher Nährstoffe, dabei aber auch eine grössere Menge lösender Agenzien besitzt.

Mit jeder Erndte nehmen wir aus dem Boden einen Theil der pflanzlichen Nährstoffe fort, wir nehmen aber auch gleichzeitig mit der Kieselsäure einen Theil der absorbirenden Substanzen fort und die lösenden Agenzien werden zum Theil mit der Erndte dem Boden entzogen. Je mehr Pflanzensubstanz von einem Boden erzeugt und von ihm fortgeführt wird, um so mehr vermindert sich sein Gehalt an pflanzlichen Nährstoffen, absorbirender Substanz und lösenden Agenzien, um so weniger ist er geeignet grössere Mengen Pflanzensubstanz zu erzeugen. Aber nicht allein durch die Erndte entführen wir dem Boden die genannten Stoffe, sondern auch durch den Regen wird ein Theil derselben in den Untergrund hinabgewaschen; vorzugsweise betrifft dies die weniger stark absorbirt werdenden Substanzen, Natron, Kalk, Schwefelsäure, Salpetersäure und Chlor. Das für den Ackerboden wichtigste lösende Agenz ist die Kohlensäure; sie geht aus der Zersetzung des Humus hervor. Da sich nun aber beständig Humus zersetzt und aus dem Boden verschwindet, so verlieren wir auch immer mehr an Kohlensäure, d. h. sie wird in immer geringerer Menge erzeugt.

Die Natur ersetzt den Verlust an Stoffen nur in untergeordneter Weise. Der Pflanze und dem Boden werden stickstoffhaltige Nährstoffe (Ammoniak und Salpetersäure) in nicht unbeträchtlicher Menge zugeführt, indess verlangen die meisten Culturpflanzen auch Zufuhr von stickstoffhaltigen Nährstoffen von Seiten des Landwirthes; selbst die blattreichen Gewächse (Klee, Hülsenfrüchte), die eine grössere Menge Stickstoffnahrung von der Atmosphäre aufnehmen, verlangen in der ersten Periode ihrer Entwicklung die Gegenwart von Stickstoffnahrung im Boden, wenn sie reiche Erträge liefern sollen Ich werde bei der Besprechung der einzelnen Culturpflanzen ausführlich darauf zurückkommen. Auch durch den Regen und sonstige atmosphärische Niederschläge werden dem Boden geringe Mengen von Stickstoffnahrung und selbst sogar einige Phosphorsäure zugeführt. Am bedeutendsten ist der Beitrag der Atmosphäre an Kohlensäure, diese wird aber hauptsächlich von den Blättern aufgenommen und die Atmosphäre verändert sich nicht dadurch.

Ausser der Atmosphäre liefert auch mancher Boden selbst Ersatz für die aus ihm hinweggeführten pflanzlichen Nährstoffe. Jeder Boden, welcher unzersetzte mineralisch zusammengesetzte Gesteinstrümmer — Gruss vorzüglich — enthält, besitzt in diesen ein Magazin von pflanzlichen Nährstoffen: die Gesteinstrümmer verwittern nach und nach und bei der Verwitterung wird Kali, Kalk, Natron, Phosphorsäure u. s. w. frei, welche alsdann in eine für die Pflanze aufnehmbare Form übergeführt werden können, sie werden aber jetzt erst pflanzliche Nährstoffe. Diese Verwitterung geht jedoch so langsam von Statten, dass nicht im Entferntesten darauf gerechnet werden darf, durch sie den Verlust an Nährstoffen durch die Erndten sich ersetzen zu lassen. Vorzugsweise ist es der Lehmboden, welcher in dieser Beziehung einen kleinen, aber nicht zu verachtenden Beitrag zur Ersetzung fortgegangener Nährstoffe liefert. Für fast alle anderen Bodenarten kann dies nicht gelten.

Wie wir sehen, ist die Natur nicht im Stande, die durch die landwirthschaftlichen Erndten dem Boden entzogenen pflanzlichen Nährstoffe zu ersetzen und deshalb muss der Landwirth sie dem Boden zuführen. Es geschieht dies durch die Düngung.

Die Düngung muss demnach die Aufgabe haben, dem Boden so viel Stoffe zuzuführen, dass die Fruchtbarkeit desselben erhalten

bleibt, dass er fortwährend im Stande ist, die möglichst grösste Menge Pflanzensubstanz und in der gewünschten Qualität zu erzeugen.

Die Düngungslehre hat vier Cardinalpunkte festzuhalten: 1. die aus dem Boden fortgegangenen Stoffe zu ersetzen, 2. eine genügende Menge lösende Agenzien dem Boden zu verschaffen, 3. die absorbirend wirkenden Stoffe zu erhalten und 4. die Nährstoffe in einem der zu bauenden Pflanze entsprechenden Verhältniss und in der richtigen Zusammensetzung zu geben. Man hat vielfach die Düngungslehre in den einen Cardinalsatz concentrirt: „Was dem Boden durch die Erndte genommen wird, muss ihm wiedergegeben werden", und noch heute hören wir diesen Satz von hoher wissenschaftlicher Stelle oft genug ertönen. Diese Lehre ist aber Irrthum, die Düngung begreift mehr in sich, als den einfachen Ersatz des durch Erndten Weggenommenen.

Es sollen die aus dem Boden fortgegangenen Stoffe ersetzt werden. Der Boden verliert die pflanzlichen Nährstoffe auf verschiedentliche Weise, wie vorhin gezeigt wurde: ein Theil derselben wird mit den Erndten hinweggenommen, ein anderer Theil aus dem Boden ausgewaschen und ein dritter Theil durch die Luft fortgeführt.

Der grösste Theil der Nahrungsstoffe wird jedenfalls mit der Erndte aus dem Boden fortgeführt und es unterliegt keinem Zweifel, dass ein Ersatz für diese Stoffe geleistet werden muss, wenigstens auf den allermeisten Aeckern. Ich werde in einem der nachfolgenden Capitel die wichtigsten Culturpflanzen in dieser Beziehung ausführlicher besprechen, ich werde daselbst zeigen, wie viel die Erndten der Culturpflanzen dem Boden entführen u. s. w. Die Art und Weise, wie dieser Ersatz geleistet wird, ist je nach dem Bewirthschaftungssystem verschieden und werde ich hernach darauf zu sprechen kommen.

Jeder Regen, welcher tiefer als die Vegetationskrume in den Boden eindringt, führt eine gewisse Menge pflanzlicher Nährstoffe in tiefere Schichten mit hinab. Liebig hat zwar behauptet, dass die Nährstoffe, wenigstens die wichtigeren auf eine Weise gebunden seien, dass sie in Wasser nicht löslich seien, mithin auch von dem Regenwasser nicht aus der Ackerkrume fortgespült werden könnten. Doch der Landwirth hat Ursache, diesem Ausspruche Liebig's nicht allzu viel Vertrauen zu schenken, denn wie ich gezeigt habe,

sind die Nährstoffe, selbst auch Kali, Phosphorsäure und Ammoniak im Bodenwasser gelöst und können sonach unter günstigen Verhältnissen in den Untergrund hinabgeführt werden. Es wird das um so leichter geschehen, als der Boden lockerer und durchlässiger ist. (Vergl. das Capitel: „Die Absorption der Nährstoffe“ und „Die aufnahmsfähigen Nährstoffe.“) Für thonreichen und nicht allzu durchlässigen Boden darf zwar der Liebig'sche Ausspruch in sofern Gültigkeit haben, als Kali, Ammoniak, Magnesia und Phosphorsäure selten tiefer als in die untere Schicht der Ackerkrume, wenn dieselbe eine grössere Mächtigkeit besitzt, hinabgewaschen werden. Tiefe Lockerung des Bodens, wodurch die Wurzelausbreitung in der unteren Schicht der Ackerkrume befördert wird, macht die hier absorbirten Stoffe der Vegetation wieder zugänglich. In leichtem, wenig absorbirenden, leicht durchlässigen Boden ist der Verlust an den genannten Stoffen aber bedeutend grösser, und lässt sich einem solchen Verluste nur vorbeugen, wenn man dem Boden wenig Nährstoffe auf einmal anvertraut, den Tiefgang des Regens möglichst verhindert, am vollkommensten aber durch Einverleibung von absorbirenden Substanzen. (Vergl. das früher darüber Gesagte.) Aus einem Boden der letzten Art gehen selbst auch die werthvolleren Nährstoffe in grösserer Menge in den Untergrund.

Die nicht und weniger stark absorbirt werdenden Stoffe, wie Natron, Kalk, Schwefelsäure, Chlor, Salpetersäure werden von dem Regen leicht in den Untergrund hinabgespült und jeder Boden, der soweit durchlässig ist, als eine gute Ackerkrume verlangt, verliert von diesen Stoffen beträchtliche Mengen. Es würde freilich interessant und für die Statik nothwendig sein zu wissen, wie stark ungefähr dieser Verlust sich in den verschiedenen Bodenarten und unter verschiedenen Regenverhältnissen verhält. Bei drainirten Feldern lässt sich dies leicht bestimmen und würden daraus vielleicht allgemein gültige Regeln abzuleiten sein. Der Natronverlust wird wohl selten in Anschlag zu bringen sein, weil die Vegetation wenig Natron bedarf und weil ausserdem der Verlust in der Wirthschaft durch beständige Einführung von Kochsalz und Viehsalz gedeckt wird. Der Stalldünger enthält immer mehr Chlornatrium, als das dazu verwendete Stroh mitgebracht hat. Die Thiere nehmen grössere Mengen Wasser auf und damit auch grössere Mengen Chlornatrium, und in den allermeisten

Wirthschaften wird zeitweise Kochsalz den Thieren verabreicht. In einem Boden, der kalkarm ist, genügt es durchaus nicht, bloss den mit den Erndten ausgeführten Kalk dem Boden zu ersetzen, weil auch ein grosser Theil in den Untergrund hinabgewaschen wird; und diesen ebenfalls zu ersetzen ist höchst nothwendig, da fast die meisten Pflanzen sehr viel Kalk bedürfen. Auf kalkarmen Bodenarten wird man dies durch von Zeit zu Zeit wiederholte Kalk- oder Mergeldüngung erreichen. Auch die Schwefelsäure wird sehr leicht in den Untergrund hinabgewaschen und genügt es auch deshalb bei ihr nicht, bloss die durch die Erndten von dem Boden weggeführten Mengen zu ersetzen, welches durch öfter wiederholte Gypsdüngung leicht ermöglicht wird. Die Schwefelsäure, die nothwendigste stoffliche Bedingung der Proteinstoffbildung, darf niemals im Boden fehlen oder in zu geringer Menge vorhanden sein, und muss auf ihren Verlust nach allen Richtungen hin Rücksicht genommen werden. Die Salpetersäure wird im Boden gar nicht gebunden und ist deshalb ihr Verlust nicht unbeträchtlich; doch dürfen wir wohl annehmen, dass er mehr als hinreichend durch die Aufnahme von Stickstoffnahrung von der Luft und durch Bildung solcher bei dem Verdunsten des Wassers gedeckt werde. Das Chlor verhält sich dem Natron in jeder Beziehung gleich und brauchen wir um einen etwaigen Ersatz für das in den Untergrund hinabgespülte nicht sehr besorgt zu sein.

In den allermeisten Bodenarten, die nicht von Natur reich an Kalk und Schwefelsäure sind, werden wir die Fruchtbarkeit eines Ackers nicht dauernd erhalten können, wenn demselben nur diejenigen Mengen Kalk und Schwefelsäure zugeführt werden, welche wir ihm durch die Erndten entziehen. Für alle Bodenarten mit geringer absorptiver Kraft dürfte dieses auch für das Kali, die Magnesia und Phosphorsäure gelten.

Die Luft entführt dem Boden hauptsächlich Kohlensäure, d. h. durch die beständige Zersetzung des Humus wird die Kohlensäurequelle erschöpft, wenn nicht beständig neuer Humus zugeführt wird. Auch die Kohlensäure ist sicherlich als Nahrungsmittel aufzufassen; mögen auch reichblätterige Pflanzen vielleicht in genügender Menge Kohlensäure aus der Luft aufnehmen, so ist doch sehr zu bezweifeln, dass armblätterige Pflanzen, wie unsere Cerealien, bei alleiniger Aufnahme der Kohlensäure der Luft soviel Pflanzen-

substanz erzeugen, als wir verlangen. Die höchstmöglichste Production ist hier nur möglich, wenn die Pflanze noch Kohlensäure aus dem Boden aufnimmt. Bis jetzt wollte es nicht gelingen, Cerealien und selbst die meisten anderen Culturpflanzen in wässerigen Nährstofflösungen und in humusfreiem Sande zu jener Ausbildung und Massenproduction zu bringen, wie im Ackerboden; und doch waren in jenen Versuchen die Nährstoffe in genügender Menge und mit hinreichender Aufnahmefähigkeit (löslich) den Pflanzen geboten. Ich glaube, dass wir nur dann normale Culturpflanzen in humusfreiem Sande und wässerigen Lösungen erziehen können, wenn wir der Pflanze grössere Mengen Kohlensäure zur Aufnahme durch die Wurzeln bieten. Es muss demzufolge dafür gesorgt werden, dass armblätterige Pflanzen noch eine genügende Menge Humus im Boden vorfinden, und auf den Ersatz des zersetzten Humus gerade bei diesen Pflanzen besonders Bedacht genommen werden.

Die absorbirenden Stoffe müssen erhalten bleiben. Vorzugsweise ist es Thonerde und Kieselsäure, welche die Grundlage der genannten Stoffe bilden. Thonerde wird von den Culturpflanzen dem Boden nicht entzogen, auch ist sie nicht dem Hinabwaschen in den Untergrund ausgesetzt; wir hätten also für deren Erhaltung keine Sorge zu tragen. Kieselsäure wird hingegen in grossen Mengen und besonders mit dem Cerealienstroh aus dem Boden fortgeführt. Weil sich nun die Kieselsäure als Bestandtheil der absorbirenden Substanzen hauptsächlich findet, so muss die Wegführung derselben gleichbedeutend mit Zerstörung von absorbirender Substanz sein. Bei regelmässiger Stallmistdüngung scheint aber ein hinlänglicher Ersatz geboten zu sein; wo niemals Mangel an Stallmist ist und wo kein Stroh verkauft wird, braucht man sich nicht der Befürchtung hinzugeben, dass der Ersatz nicht genügend sei. Vielleicht ein leichter, armer Sandboden könnte eine Ausnahme machen, da in ihm gewiss auch grössere Mengen Kieselsäure mit in den Untergrund hinabgewaschen werden. In einem solchen Falle liesse sich auf die mehrfach genannte Weise abhelfen. Thonmelioration, Humuszuführung.

Dem Boden muss eine genügende Menge lösender Agenzien gegeben werden. Wie wir früher gesehen haben, ist ein grosser Theil der pflanzlichen Nährstoffe des Bodens in einem Zustande der Unlöslichkeit gegen Wasser; diese ungelösten

Stoffe müssen aufgelöst oder lösbar gemacht werden, um reiche Erndten zu erzielen. Zwar haben manche als Dünger gegebenen Salze — Gyps, Chilisalpeter, Ammoniaksalze u. s. w. — eine mächtig lösende Wirkung, doch ist es vorzugsweise die Kohlensäure, die als lösendes Agenz in der Landwirthschaft das Hauptaugenmerk verdient. Sie muss sich immer in grösserer Menge im Boden entwickeln, und zu dem Zwecke muss der Humusgehalt des Bodens auf einer gewissen Höhe erhalten werden. Die Culturpflanzen sind aber hinsichtlich der Concentration der Bodenlösung und des Gehaltes an aufnahmsfähigen Stoffen verschieden; die Pflanzen mit kleinem, wenig ausgebreiteten Wurzelwerke verlangen eine höhere Concentration und mehr gelöste Stoffe, als diejenigen mit ausgebreitetem Wurzelwerke, bei jenen müssen deshalb auch mehr lösende Agenzien dem Boden gegeben werden, und dies geschieht, wenn wir für einen reicheren Humusgehalt des Bodens sorgen. Für gewöhnlich verwenden wir die salinischen lösenden Agenzien als solche nicht, für gewöhnlich genügt es, dem Boden Humus zuzuführen; in stark bindigem Thonboden aber, in welchem die Luft wenig Zutritt hat, da könnten die salinischen lösenden Agenzien, um in grösserer Menge die absorbirten Nährstoffe zur Lösung zu bringen, versucht werden. Auch auf Luzerne- und Esparsettefeldern dürfte die Anwendung der salinischen Lösungsmittel versucht werden; dieselben werden leicht aufgelöst (Chilisalpeter, Chlornatrium, auch Gyps), werden von dem Regen in tiefere Schichten hinabgewaschen, tragen alsdann in dem Untergrunde zur Lösung der absorbirten Stoffe bei und machen dieselben geeignet, in die tiefgehenden Wurzeln der Luzerne und Esparsette einzutreten. Es scheint aber von Vortheil zu sein, salinische Lösungsmittel nicht in grossen Gaben auf einmal, sondern mit kleineren Gaben öfter wiederholt zu düngen.

Kalk- und Mergeldüngung, sowie auch Gypsdüngung wirken zuerst als lösende Agenzien, durch sie werden dem Boden aber auch werthvolle pflanzliche Nährstoffe gegeben. Dasselbe gilt auch von den salpetersauren und Ammoniaksalzen.

Nur ein Boden, welcher reich an Humus und gut durchlüftet ist, kann reiche Erndten tragen, ohne die lösenden Agenzien beständig ersetzt zu bekommen; in einem solchen Boden kann ein rein mineralischer Dünger die reichsten Erndten liefern.

Die Nährstoffe müssen in einem gewissen Verhältnisse, in einer gewissen Zusammensetzung gegeben werden. Von den Culturpflanzen können wir nur die reichsten Erndten erwarten, wenn die im Boden zur Lösung kommende Nährstoffmischung eine der Pflanze entsprechende ist. Es ist früher gezeigt worden, dass die Nährstoffmischung für unsere Culturpflanzen eine sehr verschiedene ist. In der Landwirthschaft jeder Pflanze, die man eben bauen will, die ihr entsprechende Nährstoffmischung zu geben, würde nicht vortheilhaft, vielfach auch unausführbar sein; wir accommodiren deshalb gewöhnlich die Gewächse der im Boden bestehenden Nährstoffmischung. Man gibt dem Boden eine gewisse Düngung und nachdem dieselbe eine Erndte geliefert hat, ist eine veränderte Nährstoffmischung zurückgeblieben; wir wählen nun zu der nachfolgenden Frucht eine für die vorhandene Nährstoffmischung passende Pflanze. Die richtige Anordnung der Gewächse hinsichtlich der Nährstoffmischung ist die Fruchtfolge. Doch lässt sich auch die in einem Boden nach einer Erndte zurückgebliebene Nährstoffmischung durch Nachdüngung vielfach verändern und wird die richtige Benutzung dieser Verhältnisse mehr Freiheit in die Fruchtfolge bringen. Es kann jedoch auch Fälle geben, wo gewisse Verhältnisse die gewöhnlich im Umlauf folgende Pflanze nicht zulassen und eine andere schwer an diese Stelle zu bringen ist; in einem solchen Falle ist die Nachdüngung am Platze. Die vorhergehende Erndte z. B. ist aussergewöhnlich reich gewesen und hat den Boden in einer Weise erschöpft, dass die regelmässig folgende Frucht keine Aussichten hat; z. B. wir haben die Fruchtfolge Raps, Weizen, Roggen etc., Raps und Weizen haben aussergewöhnlich reiche Erndten gegeben, und wir haben zu der Vermuthung Ursache, dass zu wenig Phosphorsäure zugegen ist, um eine lohnende Roggenerndte sicher zu stellen; in diesem Falle werden wir mit Knochenmehl oder besser mit Superphosphat zum Roggen nachdüngen. Aehnliche Fälle können bei leicht durchlässigem Boden eintreten, wenn es während der Vegetation der vorhergehenden Frucht aussergewöhnlich geregnet hat und viele Nährstoffe in den Untergrund hinabgespült worden sind. Eine in Folge ungünstiger Witterungsverhältnisse ärmliche Erndte lässt eine andere Nährstoffmischung zurück, als eine reiche Erndte, und das hat der Landwirth ebenfalls zu benutzen. Wenn eine Cerealienfrucht sich im

Frühjahre üppig bestockt, und wir befürchten müssen, dass sie in's Stroh schiessen und dadurch wenig Körner liefern wird, so gebietet es die Nothwendigkeit, die Nährstoffmischung durch Zuführung von leicht auflöslichen Phosphorsäureverbindungen (Superphosphat) entsprechend zu verändern, um der üppigen Pflanze die Bedingungen zu einer reichen Samenbildung zu geben.

In allen Fällen also, wo der Landwirth düngt, muss er auf die Pflanzen Rücksicht nehmen, welche er bauen will und darnach die Nährstoffmischung einrichten, und zwar nicht nur auf die augenblickliche Frucht, sondern auch auf die nachzubauenden hat er Rücksicht zu nehmen. Es sind dies alles Gegenstände, auf die wir in dem Nachfolgenden noch einmal zurückkommen werden. Wie ich in dem Vorstehenden gezeigt habe, ist die Düngungslehre, die landwirthschaftliche Pflanzenernährungslehre, nicht eine so einfache Wissenschaft, wie man bis jetzt anzunehmen pflegt. Gerade in ihr concentrirt sich die höchste wissenschaftliche und praktische Bildung, die Intelligenz des Landwirthes, und doch ist dieselbe bis jetzt so wenig ausgebildet, noch nicht über die ersten Stufen der wissenschaftlichen Entwicklung hinausgekommen. Die praktische Grundlage der Düngungslehre ist die Bodenstatik, aber auch diese befindet sich noch in einem embryonischen Zustande. Von mir verlange man nicht, hier die Düngungslehre und die Bodenstatik in ihrer Ausführlichkeit darzustellen, ich muss mich eben auf die Andeutung der wichtigsten Elemente der genannten Doctrinen beschränken, um Anhaltspunkte für die theoretische und praktische Forschung zu geben.

Die Dünger.

Die in der Praxis zur Anwendung kommenden Dünger sind entweder Collectiv- oder Beidünger. Collectivdünger ist ein solcher, welcher alle zur Ernährung der Culturpflanzen nöthigen Nährstoffe und die zur Auflösung nöthigen lösenden Agenzien enthält. Der einzige vollständige Collectivdünger kann demnach nur der Stallmist sein. Vielleicht würden wir hierzu auch noch Guano zu rechnen haben, doch enthält derselbe nur geringere Mengen lösender Agenzien, ein Uebermaass an Stickstoffnahrung und oft sehr wenig Kali, so dass er immer ein einseitiger Dünger ist. Der Seetang, der an den Küsten ausgeworfen und von den Landwirthen aufgesammelt und in Dünger verwandelt wird, kann

einen Collectivdünger liefern, ebenso auch mancher Compost. Beidünger sind alle übrigen zur Düngung verwendeten Stoffe; sie enthalten in der Regel den einen oder anderen pflanzlichen Nährstoff in vorwiegender Menge. Ammoniaksalze, Gaswasser, lösen, wenn sie in den Boden kommen, Kali, Kalk, Magnesia, Natron, vielleicht auch, wenn auch in geringer Menge, Phosphorsäure und liefern der Pflanze Stickstoffnahrung, schwefelsaures Ammoniak, gleichzeitig auch Schwefelnahrung. Urin, Mistwasser (Gülle, Jauche) liefern wohl alle pflanzlichen Nährstoffe, vorzugsweise aber Stickstoffnahrung. Kalisalpeter löst die absorbirten Basen und giebt Stickstoffnahrung und Kali. Natronsalpeter (Chilisalpeter) löst Kali, Ammoniak, Kalk und Magnesia und liefert Stickstoffnahrung. Kalksalpeter (alte Lehmwände von Ställen u. dgl.) löst Kali, Ammoniak, Magnesia, Natron und giebt Stickstoffnahrung. Aschen enthalten vorzugsweise kohlensaures Kali, dann Kalk, geringere Mengen Phosphorsäure, Magnesia, Schwefelsäure u. s. w. Holzasche vorzugsweise Kali, Torfasche gewöhnlich auch viel Schwefelsäure. Chlornatrium (Kochsalz, Steinsalz, Düngsalz) enthält vorzugsweise Chlornatrium; neben diesem viel Kali, Magnesia und Schwefelsäure findet man besonders im Abraumsalz, und dieses wirkt lösend auf Kali u. s. w. und giebt bei einem Gehalte an Magnesia und Schwefelsäure auch wichtige Nährstoffe. Ein derartiges Salz, was wenig Beimengungen hat, also fast nur aus Chlornatrium besteht wie das Kochsalz, wirkt hauptsächlich als lösendes Agenz. Knochenmehl giebt vorzugsweise Phosphorsäure und aus dem sich zersetzenden Leim entwickelt sich Ammoniak. Superphosphat enthält eine leichter lösliche Phosphorsäure, giebt aber auch Schwefelnahrung und wirkt auflösend auf die absorbirten Basen. Coprolithen, Phosphorit u. dgl. Phosphorsäure, bei Aufschliessung mit Schwefelsäure auch Schwefelnahrung. Die schwefelsauren Salze haben alle eine mächtig lösende Wirkung und geben dem Boden Schwefelnahrung; am häufigsten wird Gyps angewendet; schwefelsaure Magnesia giebt hingegen dem Boden neben Schwefelsäure die höchst wichtige Magnesia. Humus wird dem Boden durch alle vegetabilischen Stoffe gegeben, am häufigsten durch den Stalldünger; wo man alten oder neuen Moorboden hat, kann dieser auch nach Meliorirung desselben durch längeres Liegen, häufiges Umsetzen, Kalk- und Mergelbeimischung zur Humusdüngung verwandt werden; das

Gleiche gilt vom Torfe, doch muss bei ihm ganz besonders die Meliorirung im Auge behalten werden. U. s. w.

Die Fruchtfolge.

„Es wird eine Zeit kommen, wo man den Acker, wo man jede Pflanze, die man darauf erzielen will, mit dem ihr zukommenden Dünger versieht, den man in chemischen Fabriken bereitet; wo man nur dasjenige giebt, was der Pflanze zur Ernährung dient, ganz so, wie man jetzt mit einigen Grammen Chinin das Fieber heilt, wo man sonst den Kranken eine Unze Holz nebenbei verschlucken liess.“ (Liebig.) Es ist dieser Satz eine Illusion aus der Zeit der Kindheit der Landwirthschaftswissenschaft, die aber hier und da auch heute noch nicht aus den Köpfen enthusiasmirter chemischer Landwirthe und Theoretiker verschwunden ist. Aber dieser Satz ist in Bezug auf die Landwirthschaft eben weiter nichts als eine Illusion gewesen, in einer Zeit entstanden, in welcher man glaubte, dass die Chemie allein im Stande sei, die Landwirthschaftswissenschaft zu begründen, und wo man mit mitleidvollem Lächeln auf die langjährige Erfahrung des praktischen Landwirthes hinabsah, wo man glaubte, der Erfahrung keine Rechnung tragen zu müssen. Jeder Pflanze den für sie geeigneten Dünger zu geben und dadurch im Stande zu sein, auf dem Acker bauen zu können, was man eben wünscht, ist in der Landwirthschaft nicht möglich, weil es nicht lohnend ist. Will ich z. B. Raps bauen, so muss der Boden sehr reich an pflanzlichen Nährstoffen sein, um den schwachwurzeligen Raps reichlich zu ernähren; ist der Raps geerndtet, so sind im Boden aber noch die Nährstoffe in solcher Menge und in einem Verhältniss zurückgeblieben, dass eine Weizenerndte vollständig ohne jede Nachdüngung gedeihen kann. Für Weizen aber ein eigenes Feld anlegen zu wollen und diesem eben nur das zuzuführen, was der Weizen bedarf, würde unpraktisch sein, weil ich zu Raps in Uebermaass düngen muss, und der Ueberrest von dem Raps doch eine bessere Verwerthung durch Weizen findet, als wenn ich das Feld wieder von Neuem zu Raps düngen wollte. Wollte ich durch Stalldünger dem Weizen eine genügende Menge Nährstoffe geben, so würde ich leicht in der Verlegenheit sein, ihm zu viel Stickstoffnahrung zu geben und dadurch die Strohbildung auf Kosten der Körner-

bildung zu befördern. Selbst schon die Erhaltung einer guten physikalischen Beschaffenheit verlangt in den allermeisten Bodenarten eine Abwechselung der Früchte, nicht weniger die Reinheit des Ackers hinsichtlich des Unkrautes. Mit rein mineralischem Dünger werden wir in den seltensten Fällen in der Landwirthschaft fertig werden: die Nährstoffe verlangen lösende Agenzien, und diese in mineralischer Form zu geben würde sich eben sowenig lohnen, als auch dadurch unzulässig sein, dass ihre Wirkung nicht beständig ist, dass sie anfangs wohl kräftig lösend wirken, ihre Wirkung aber bald vorüber ist. Die Kohlensäure, entstehend bei der Zersetzung des Humus, wird immer von Neuem erzeugt und ihre lösende Wirkung ist andauernd; sie ist in der Regel am stärksten zur Zeit, wo die Pflanzen am meisten Nährstoffe bedürfen, in der warmen Jahreszeit, in welcher unter der höheren Bodentemperatur mehr Humus zersetzt wird. Und, wie ich vorhin gezeigt habe, bedürfen viele Culturpflanzen der Kohlensäure aus dem Boden als Nährstoff, und die können wir nicht durch mineralische Düngung geben.

Kurz die Landwirthschaft wird der Fruchtfolge niemals entbehren können, wenn auch eine grössere Freiheit in ihr möglich ist und den landwirthschaftlichen Betrieb lohnender machen wird. Die richtige Anwendung der Fruchtfolge, die richtige Benutzung der möglichen Freiheit in der Fruchtfolge setzt eine gründliche Kenntniss der Grundlagen der Fruchtfolge voraus und will ich versuchen, dieselben hier anzudeuten.

Der im Boden vorhandenen Nährstoffmischung muss die Pflanze soviel wie möglich angepasst werden. Ueber die Nährstoffmischung giebt uns die Bodenstatik Aufschluss. Mit einer Düngung (Mistdüngung) bringen wir eine gewisse Menge Nährstoffe und lösende Agenzien in den Boden; während der ersten Frucht geht ein Theil der Nährstoffe in die Pflanze über, ein Theil derselben wird in den Boden hinabgespült, ein Theil der lösenden Agenzien geht fort. Nach der ersten Erndte ist eine gewisse Nährstoffmischung im Boden zurückgeblieben. Die Bodenstatik hat diese einzelnen Momente festzustellen. Das aus dem Boden Fortgegangene ist von dem mit der Düngung Hineingebrachten abzuziehen. Freilich wird die Bodenstatik niemals ganz sichere Zahlen zu geben im Stande sein; es ist das aber auch nicht nothwendig; wenn der Landwirth nur ungefähr weiss, wie sich die

Nährstoffmischung verändert hat, so sind ihm Anhaltspunkte genug gegeben. Wir gehen natürlich von einer Stallmistdüngung aus.

Die Veränderungen, welche die Nährstoffmischung erleidet, sind ausser der vorhin genannten durch Erndten, auch die durch Nachdüngung. Selten wird eine Fruchtfolge bloss auf eine Hauptdüngung (Turnusdüngung) gestellt; es werden auch an irgend einer Stelle der Fruchtfolge eine kleinere Stallmistnachdüngung sowie andere Beidünger gegeben; man wird oft sogar in die Nothwendigkeit versetzt sein, eine Beidüngung folgen zu lassen, um die eingeführte Fruchtfolge mit gutem Erfolge durchführen zu können, z. B. nach aussergewöhnlich reichen Erndten, in leicht durchlässigem Boden nach anhaltendem Regen. Andererseits wird man auch, natürlich unter gewissen Einschränkungen, durch Beidünger eine Veränderung in der Nährstoffmischung herbeiführen können, welche gestattet eine andere Frucht anzubauen als die, welche in der Fruchtfolge gerade an der Reihe ist. Eine solche Veränderung durch Beidünger muss einen guten und pecuniär lohnenden Erfolg in sicherer Aussicht haben und die nachfolgenden Früchte nicht zu sehr stören.

Eine weitere Veränderung der Nährstoffmischung während einer Fruchtfolge tritt besonders ein durch das Verschwinden des Humus und die verminderte Erzeugung von lösenden Agenzien. Je leichter der Boden den Luftzutritt gestattet, um so schneller gehen die humosen Substanzen fort. Durch die Wurzelrückstände, Stoppeln u. dgl. wird aber ein Theil des Humus wieder ersetzt und die richtige Stellung der Rückstände hinterlassenden Pflanzen in der Fruchtfolge ist von besonderer Wichtigkeit. Von allen Culturgewächsen steht der Klee in erster Reihe; er giebt dem Boden eine solche Menge humoser Substanzen in den Wurzelrückständen, dass für eine, selbst für zwei Erndten lösende Agenzien genug darin enthalten sind. Dasselbe gilt von Kleegrassaaten, Luzerne, Esparsette. Seltener findet man in besserem Boden zu diesem Zwecke eine Gründüngung in Anwendung; hierbei werden Wicken oder dergl. in die Getraidestoppel gesäet und später mit untergepflügt. Man findet eine derartige Einrichtung zwischen Mannheim und Heidelberg.

Dem Reichthum eines Bodens an aufnahmsfähigen Nährstoffen muss die Bewurzelung der Pflanzen angepasst werden. Pflanzen mit üppigem Wurzelwerke verlangen

natürlich einen weit geringeren Reichthum an Nährstoffen, als solche mit beschränktem, wenig ausgebreiteten Wurzelwerke. Pflanzen der letzteren Art können nur gedeihen, wenn der Boden eine höher concentrirte Nährstoffmischung besitzt und auf den Bodentheilchen eine grössere Menge von Nährstoffen in in Wasser leicht löslichem Zustande niedergeschlagen sind. Diese Zustände finden wir in einem Boden, welcher neben einem grösseren Gehalte an Nährstoffen auch eine grössere Menge von lösenden Agenzien (Humus) enthält. In der ersten Tracht der Stallmistdüngung ist dieses im höchsten Grade der Fall, je weiter wir in der Fruchtfolge vorrücken, um so weniger ist es der Fall; je weiter wir also in der Fruchtfolge vorrücken, um so wurzelreichere Pflanzen müssen folgen. Innerhalb der Fruchtfolge werden die fortgegangenen lösenden Agenzien ersetzt durch eine Stallmistnachdüngung, durch wurzelreiche Pflanzen, welche grössere Massen von Wurzelrückständen im Boden zurücklassen; unter Umständen, unter welchen ein Ersatz der lösenden Agenzien auf die vorhin genannte Weise nicht erzielt werden kann, würde man zu den salinischen lösenden Agenzien seine Zuflucht nehmen dürfen, wenn es sich nicht lohnen sollte eine Pflanze anzubauen, die durch ihre Wurzelüppigkeit auch aus einem an lösenden Agenzien (Humus) erschöpften Boden noch eine genügende Menge von Nährstoffen aufnehmen kann. Also auch in dieser Beziehung spielen die Kleearten wieder eine Hauptrolle in der Fruchtfolge. Durch ihre überaus üppige Wurzel sind sie fähig, aus einem Boden, der arm an lösenden Agenzien ist, eine hinreichende Menge von Nährstoffen aufzunehmen, dabei lassen sie aber auch eine solche Menge von Wurzelrückständen im Boden zurück, dass der daraus hervorgehende Humus eine grössere Menge und für eine, in manchem Boden sogar für zwei Erndten (Halmfrüchte und Hülsenfrüchte oder Buchweizen) hinreichende Menge lösende Agenzien liefert. Das erklärt es, weshalb der Klee eine so hohe Bedeutung für den Fruchtwechsel hat, weshalb die Richtigkeit einer Fruchtfolge sich hauptsächlich um die Stelle des Klees in ihr dreht.

Wenn in der Fruchtfolge Humusarmuth eintritt, so mangelt es nicht nur an lösenden Agenzien, sondern armblättrigen Pflanzen fehlt es auch an Kohlensäure-Nahrung; es können alsdann Cerealien, Lein u. dgl. nicht angebaut werden und an ihre Stelle treten besser Hülsenfrüchte (Erbsen, Wicken, nicht Pferdebohnen),

die mit ihrer grösseren Blattfläche der Atmosphäre mehr Kohlensäure entziehen, die Zersetzung der letzten Antheile des Humus vermindern und die aus dem Boden sich verflüchtigende Kohlensäure durch die den Boden bedeckenden Blätter aufnehmen. Ist eine Halmfruchternte vorhergegangen, so empfangen die Hülsenfrüchte in den Rückständen derselben (Wurzeln, Stoppeln) in der Regel soviel Humus, dass eine genügende Menge lösender Agenzien geboten ist.

Die in der Fruchtfolge vorhergehende Frucht muss den Boden in einem für die nachfolgende Frucht geeigneten physikalischen Zustande zurücklassen. Als Hauptgrundsatz dürfte hier gelten, dass der Boden um so lockerer sein muss, je ärmer er an lösenden Agenzien und an Nährstoffen geworden ist, denn in einem so gelockerten Boden dringt die Luft besser ein, zersetzt die letzten Antheile der humosen Substanzen und wirkt dadurch mehr lösend auf die Nährstoffe.

Hackfrüchte, Raps, Tabak, Krapp u. s. w. verlangen einen tief und gut gelockerten Boden und lassen ihn in einem gelockerten und mürben Zustande zurück, besonders aber die Hackfrüchte. Cerealien, reifende Hülsenfrüchte, auch Lein verhärten den Boden wieder. Grün gemähte Hülsenfrüchte, Buchweizen erhalten die Mürbheit und Lockerheit des Bodens. Klee, Luzerne, Kleegrassaaten wirken lockernd auf den Boden. Gewöhnlich stehen die Hackfrüchte, Raps u. s. w., die Früchte also, zu welchen man den Boden vorzugsweise lockert, in erster Reihe der Fruchtfolge, d. h. sie werden mit der Hauptdüngung vereinigt oder sie stehen am Ende einer Fruchtfolge (Hackfrüchte) und erhalten auch hier eine stärkere Nachdüngung. Nach den Hackfrüchten ist der Boden noch so gelockert, dass Cerealien darauf folgen können, gewöhnlich und zwar hauptsächlich nach der Hauptdüngung zwei hintereinander; wo der Boden aber leicht erhärtet, da dürfte die Aufeinanderfolge zweier Winterhalmfrüchte weniger geeignet sein, weil sich nach der zweiten der Boden bedeutend geschlossen hat. Mehr geeignet scheint es, eine Sommerhalmfrucht als zweite folgen zu lassen, zu welcher vorher der Boden gehörig mit Pflug oder Grubber gelockert werden kann. In weniger zum Schliessen geeigneten Boden wirken drei aufeinanderfolgende Halmfrüchte jedoch auch verhärtend. Der Klee gedeiht am besten in einem Boden, der einige Saaten vorher tief gelockert worden ist; er darf deshalb

nicht weit von jener Frucht stehen, zu welcher tief gearbeitet wurde. Gewöhnlich steht er in dritter Tracht nach Hackfrüchten, Raps u. s. w. Der Klee selbst lockert den Boden, und giebt dadurch den nachfolgenden Früchten Gelegenheit zu einer günstigeren Wurzelentwicklung und leichteren Ernährung.

Bei der Aufeinanderfolge der Gewächse hat man ebenfalls auf die Verunkrautung der Felder Rücksicht zu nehmen. Besonders sind es die Cerealien — Weizen, Gerste, Roggen, Dinkel, weniger Hafer —, die das Unkraut zwischen sich aufkommen lassen und schon dieserhalb dürfen in einem Acker nicht leicht drei Halmfrüchte aufeinander folgen. Reichblättrige Gewächse verdrängen das Unkraut, und die Hackfrüchte, bei welchen mehrere Mal der Boden behackt wird, lassen das Unkraut nicht aufkommen; es müssen die reichblättrigen Pflanzen und Hackfrüchte da folgen, wo man Verunkrautung durch andere Früchte zu erwarten hätte, vorzüglich gilt das von den blattreichen Hülsenfrüchten, dem Buchweizen u. s. w., wohingegen die Hackfrüchte an Stellen der Fruchtfolge gebunden sind, aus welchen sie nicht leicht versetzt werden können. Auch der Lein gehört mit zu den bodenreinigenden Früchten, weil bei ihm gejätet wird. Da wo, wie in Belgien, jede Frucht gejätet wird, braucht man in der Anordnung der Früchte eben nicht so grosse Aufmerksamkeit auf die richtige Stellung der bodenreinigenden Gewächse zu legen.

Ueber die Bestimmung der Nährstoffmischung sehe man das Capitel „Bodenstatik", über die Beziehungen der einzelnen Früchte zur Nährstoffmischung und Fruchtfolge vergleiche das folgende Capitel, die Bewurzelung der Pflanzen ist in dem Capitel „Aufnahmeorgane" besprochen und wird dieselbe im nachfolgenden Capitel noch einmal zur Erörterung kommen.

Das Verhalten der Bodenarten zu den Fruchtfolgen. Für die Praxis dürfte es wohl genügen, die Bodenarten hinsichtlich der Fruchtfolge in schwere, mittlere und leichte zu unterscheiden; ihre grössere oder geringere Bindigkeit bedingt das Verhalten der lösenden Agenzien und dadurch das der Nährstoffmischung.

Schwere stark bindige Bodenarten, wenn sie auf gewöhnliche Weise gelockert sind, lassen die humosen Substanzen nicht schnell sich verflüchtigen, es geht eben weniger Kohlensäure unbenutzt aus dem Boden fort; ist der Boden etwas zu stark geschlossen,

so kann die Humuszersetzung sogar eine zu langsame sein, wodurch zu wenig Stoffe in Auflösung kommen. In einem solchen Boden ist es vor Allem nöthig, die Hackfrüchte und bodenlockernden Früchte an ihre richtige Stelle zu bringen, so dass sich der Boden in einem gelockerten Zustande erhält. Es wird dies in der Regel erreicht, wenn man bald nach Klee Kartoffeln folgen lässt (Runkelrüben sind hier nicht angebracht) und bald nach den Kartoffeln Pferdebohnen giebt. Es kann dem Boden eine grosse Menge von Dünger anvertraut werden, und Cerealien können öfter hintereinander folgen, weil nur allmählig sich der Humus zersetzt und die Nährstoffe zur gehörigen Auflösung bringt. Man muss hierbei aber bedenken, dass mehrere aufeinanderfolgende Cerealien den Boden verunkrauten, welchem Uebelstande man durch Zwischenschieben von Hülsenfrüchten zwischen die Halmfrüchte entgegentreten wird. Die nachfolgenden beispielsweise angeführten Fruchtfolgen vereinigen, wie es mir scheint, alle Anforderungen der Fruchtfolge eines schweren Bodens in sich. 1. Kartoffeln stark gedüngt, 2. Weizen, 3. Pferdebohnen gedrillt, vielleicht auch Wicken, 4. Weizen, 5. Klee, 6. Hafer. Die Kartoffeln setzen eine starke Lockerung des Bodens voraus, die wiederholte Behackung und Behäufelung erhält den Boden offen und unkrautrein, das Ausmachen der Kartoffeln lockert den Boden von Neuem. Die Lockerung zu Kartoffeln ist nicht schwer, weil der Klee kurz vorhergegangen ist. Der Weizen findet einen gut gelockerten Boden. Die Pferdebohnen, zu welchen ebenfalls tüchtig gelockert werden muss, erhalten den Boden offen und unkrautfrei, besonders wenn sie gedrillt und behäufelt werden. Der Klee kann hier soweit von der Hauptdüngung stehen, weil der Boden noch immer reich an Nährstoffen ist; vielleicht würde Kali zu sehr verschwunden sein, und würde man alsdann mit kalireichem Beidünger nachhelfen. Auf weniger geschlossenem Thonboden, besonders auf kalkhaltigem oder humusreichem Thon gilt in Betreff der Nährstoffmischung dasselbe, der Boden lockert sich aber leichter und hält sich leichter unkrautrein, es können deshalb zwei Halmfrüchte eher aufeinander folgen. 1. Turnips, Kartoffeln stark gedüngt, 2. Weizen, 3. Gerste, 4. Klee, 5. Hafer oder Weizen oder 1. Brache, 2. Raps stark gedüngt, 3. Weizen, 4. Bohnen oder Wicken, 5. Roggen oder Weizen, 6. Klee, 7. Hafer oder Weizen. Im Elsass findet man auf kalkhaltigem Thonboden 1. Tabak oder

Hanf stark gedüngt, 2. Weizen mit Stoppelrüben, 3. Bohnen, 4. Weizen, 5. Klee, 6. Weizen mit Stoppelrüben. Alle schweren Bodenarten haben den Vortheil, dass sie nur sehr wenig Nährstoffe durch den Regen verlieren.

Alle Bodenarten von mittlerer Bindung verlieren den Humus leichter und wird dadurch der aufeinanderfolgende Anbau von Halmfrüchten beschränkt. Man muss deshalb den Klee früher in dem Umlaufe anbringen, um dem Boden neuen Humus zu geben. Je durchlässiger dieser Boden ist, um so mehr Nährstoffe gehen in den Untergrund und muss das wohl in Betracht gezogen werden. 1. Brache gedüngt, 2. Raps, 3. Weizen, 4. Roggen, 5. Klee gegypst, 6. Weizen lässt sich auf noch ziemlich gebundenem Boden gut anbringen. Stehen in erster Reihe Hackfrüchte und folgt nach zwei Halmfrüchten der Klee, so ist der letztere gefährdet wegen Kalimangel, durch Nachdüngung mit Asche liess sich dem aber vorbeugen. Auf Boden mit geringerer Bindung ist die Aufeinanderfolge von zwei Halmfrüchten nach Hackfrüchten, Tabak, Raps u. s. w. nicht recht sicher, weil der Boden viel Humus verloren und gewiss bei starker Hauptdüngung auch viel Nährstoffe an den Untergrund hat abgeben müssen. Man wird deshalb zur zweiten Halmfrucht eine kleine Stallmist-Nachdüngung geben müssen. Ueberhaupt muss man einem solchen Boden schon nicht viel Dünger auf einmal anvertrauen. Als Beispiel will ich anführen: 1. Runkelrüben gedüngt, 2. Wintergerste, 3. Roggen gedüngt, 4. Klee, 5. Hafer oder 1—5 wie vorhin, 6. Kartoffeln gedüngt, 7. Weizen. Wo aber Düngermangel ist, da würde eine Gründüngung nach der ersten Halmfrucht auch dem Boden wieder neuen Humus geben, etwa 1. Tabak gedüngt, 2. Weizen oder Dinkel mit Wickengründüngung als Nachfrucht, 3. Sommergerste, 4. Klee, 5. Dinkel oder Roggen, 6. Kartoffeln, Runkelrüben, Mais gedüngt.

In leichtem Boden verschwindet der Humus schnell und weil grössere Mengen von Nährstoffen in den Untergrund hinabgewaschen werden, darf die Düngung niemals eine starke sein. Um Dünger zu sparen, muss der Klee schon in dritter Tracht der Düngung stehen, denn es gilt dem Boden Humus zuzuführen. So findet man vielfach 1. Kartoffeln gedüngt, 2. Roggen, 3. Klee, 4. Erbsen, Hafer, 5. Buchweizen. Erbsen beschatten den Boden stark und verhindern die allzu schnelle Verflüchtigung des Humus,

es kann deshalb der Buchweizen, der ebenfalls den Boden beschattet, noch ohne Düngung folgen, zudem hat der Buchweizen ein üppiges Wurzelwerk, wodurch seine Ernährung leichter ist. Nach Hafer ist das Gesagte schon weniger der Fall, doch wenn der Boden nicht gar zu leicht ist, mag es noch gelingen, um so mehr als der Hafer eine grössere Menge Wurzelüberreste im Boden zurücklässt, als alle anderen Cerealien. Weniger glücklich ist folgende Fruchtfolge: 1. Kartoffeln gedüngt, 2. Gerste, 3. Klee, 4. Dinkel, 5. Sommergerste oder Roggen; ohne geringe Nachdüngung zu 5 ist nichts Besonderes zu erwarten. Besser ist die nachfolgende Norfolker Fruchtfolge: 1. Rüben gedüngt, 2. Gerste, 3. Klee mit Gras, 4. Grasweide, 5. Weizen, 6. Gerste. Klee und Gras erzeugen eine bedeutende Menge Humus, die für zwei Halmfruchterndten aushält. Wo bei letzter Fruchtfolge der Boden noch leichter ist, da dürfte nach Grasweide Halmfrucht und Buchweizen lohnender sein. In Belgien findet man auf leichtem Boden (Sandboden) folgende Fruchtfolge sehr verbreitet: 1. Kartoffeln gedüngt, 2. Roggen gedüngt, Stoppelrüben, 3. Hafer gedüngt, 4. Klee, 5. Weizen gedüngt und Stoppelrüben. Eine solche Fruchtfolge wird freilich nur da möglich sein, wo man Gelegenheit hat Dünger (Stalldünger) anzukaufen und wo die Producte zu hohen Preisen abgesetzt werden können, in der Nähe von grossen Städten.

Ganz leichte, fast thonfreie Bodenarten können nur dann mit Culturpflanzen lohnend bebaut werden, wenn zu jeder Frucht gedüngt wird und ist hier in der Regel eine Abwechselung zwischen Cerealien und blattreichen Pflanzen nöthig. In einem solchen Boden hat die Gründüngung eine besondere Wichtigkeit, weil durch sie dem Boden Humus einverleibt wird, der der Wirthschaft keinen Dünger kostet, wie z. B. bei der Lupinengründüngung. Roggen, der nach Lupinengründüngung folgt, braucht weiter keine Düngung. Kartoffeln begnügen sich mit einer geringeren Menge. Ueber die Wirkung der Lupinen in solchem Boden vergleiche das Capitel „Lupinen“.

Eine eigenthümliche Rolle spielen die tiefwurzelnden Gewächse in der Fruchtfolge, vorzüglich Luzerne und Esparsette. Auf einen auch in tieferen Schichten lockeren Boden angewiesen, lösen sie die in den Untergrundschichten aufgespeicherten, von dem Regen aus der Ackerkrume dorthin gewaschenen pflanzlichen Nährstoffe, indem ihre Wurzeln so tief eindringen. Durch die Wurzeln werden

die unten gelösten Stoffe in die Pflanze hinaufgeführt, womit sie alsdann wieder zur Ernährung der anderen Culturgewächse zurückgeführt sind. Den Tiefgang der Wurzel und ihre grössere Ausbreitung erreicht die Esparsette gewöhnlich erst mit 3—4 Jahren, die Luzerne mit 5—6 Jahren und will man einen möglichst besten Erfolg haben, müssen sie so lange auf einem Felde verbleiben. Die vieljährige Anwesenheit derselben erzeugt eine bedeutende Menge Humus in der Ackerkrume, die gewöhnlich für 2—3 nachfolgende Erndten ausreichend ist. Jeder leicht durchlässige Boden, der im Untergrunde kein stockendes Wasser hat, soll eine Fruchtfolge mit Luzerne und Esparsette erhalten, um die in den Untergrund hinabgewaschenen pflanzlichen Nährstoffe von Zeit zu Zeit wieder heraufzuholen.

Das Nährstoffbedürfniss der landwirthschaftlichen Culturpflanzen.

I. Stickstoffgruppe.

Der Tabak.

Unter den Pflanzen der Stickstoffgruppe steht der Tabak in erster Reihe, Production von Blättern ist bei ihm der Hauptzweck der Cultur und müssen deshalb in der Nährstofflösung, welche ihm vom Boden geboten wird, die Stickstoffnahrung und die sonstigen zur Blatterzeugung nothwendigen Substanzen in grösserem Verhältnisse zugegen sein. Die Verhältnisse der mineralischen Stoffe in der Asche des Tabaks sind so verschieden, dass an die Aufstellung einer theoretischen Formel der Nährstoffmischung gar nicht zu denken ist.

Nach Will und Fresenius enthalten die lufttrocknen Tabakblätter (I. und II.) und lufttrockne Pflanze d. h. Stengel und Blätter (III.) folgende Mengen anorganische Substanzen in 100 Theilen, oder in 1 Zolletr. sind enthalten Zollpfunde (bei einem Kohlensäuregehalte der Asche von 15 Procent):

	Asche.	K O	Cl K	Ca O	Mg O	PO_5	SO_3
I.	23,0	1,64	1,71	9,22	2,79	0,38	0,93(?)
II.	22,2	5,92	—	5,23	1,65	0,36	0,63(?)
III.	21,0	3,75	—	9,31	2,03	0,67	0,60(?)

Um hieraus die Erschöpfung des Feldes zu berechnen, multiplicirt man die geerndtete Centnerzahl (lufttrocken) mit den obigen Zahlen.

Nach einer grösseren Zahl von Aschenanalysen von Fresenius und Will ergeben sich folgende Verhältnisse, wenn man die Phosphorsäure gleich 1 setzt ($P O_5 : K O = 1 : 4,3$; $P O_5 : Ca O = 1 : 24,3$):

$P O_5$		$K O$		$Ca O$		$Mg O$		$S O_3$
1	:	4,3	:	24,3	:	7,2	:	2,4
1	:	4,5	:	25,0	:	7,4	:	1,7
1	:	5,7	:	25,0	:	6,7	:	1,5
1	:	5,9	:	33,0	:	9,0	:	2,4
1	:	8,6	:	15,0	:	7,4	:	2,8
1	:	10,6	:	11,0	:	2,6	:	1,4
1	:	14,0	:	17,0	:	3,7	:	1,9
1	:	16,3	:	14,4	:	4,6	:	1,7

Vollkommene Blätter waren jedenfalls auch in dem ersten Falle erzeugt worden und muss in diesem Falle das niedrige Verhältniss des Kalis zur Phosphorsäure genügt haben; wir sehen, dass dabei das Verhältniss des Kalkes zur Phosphorsäure ein grosses ist. Wir werden wohl nicht sehr irren, wenn wir die höheren Verhältnisse des Kalis zur Phosphorsäure auf Rechnung der Vertretung des Kalkes setzen; wir sehen ja, dass da, wo das Kali in grösserer Menge in der Asche zugegen ist, der Kalk zurücktritt und umgekehrt bei geringerem Kaligehalte ein grösserer Gehalt an Kalk zugegen ist. Auch die Magnesia nimmt hieran mit Theil; wo weniger Kali in den Aschen auftritt, ist der Magnesiagehalt vermehrt. Was die Schwefelsäure betrifft, so ergeben obige Zahlen wohl ein grösseres Verhältniss der Schwefelsäure zur Phosphorsäure, wie wir es bei den Pflanzen der anderen Gruppen finden werden; wir dürfen indess nicht vergessen, dass die Zahl für Schwefelsäure keine zuverlässige und ohne Zweifel noch höher anzunehmen ist. (Vergl. S. 406.) Die dem Tabak am meisten zusagende Nährstoffmischung scheint Stickstoffnahrung, Kalk und Schwefelnahrung in grösserem Verhältnisse enthalten zu müssen; das Verhältniss der Magnesia und des Kalis ist ein mittleres, die Phosphorsäure tritt zurück. Wenn ich sage, dass das Verhältniss der Schwefelnahrung ein grösseres sein müsse, so wird man das

verstehen, wenn ich bemerke, dass bei den meisten Pflanzen das Verhältniss der Phosphorsäure zu der Schwefelsäure 1 : 1 nicht erreicht. Ist der Boden kalkarm oder genügt das Verhältniss des Kalkes in der Nährstoffmischung nicht, so nimmt der Tabak eine grössere Menge Kali auf, welches letztere alsdann die Function des Kalkes, zum Theil wenigstens, übernimmt. In diesem Falle beraubt der Tabak den Boden des Kalis weit mehr, als wenn die Nährstoffmischung kalkreich ist, und ist es leicht einzusehen, dass der Boden dann für die nachfolgenden, an Kali grössere Ansprüche machenden Saaten ungünstiger zurückbleibt. Kann ich durch Kalk dasselbe erreichen wie durch Kali, so ist es offenbar vortheilhafter den ersteren zu benutzen, da ich dem Boden den Kalk leichter und billiger ersetzen kann als das Kali.

Die Bewurzelung des Tabaks ist gerade keine besonders starke und ist es deshalb nöthig, dass der Nährstoffgehalt des Bodens ein reicher ist und die Bodenlösung eine ziemlich starke Concentration besitzt. Zudem ist die Production von Pflanzenmasse eine beträchtliche und wird dadurch um so mehr ein reicherer Gehalt des Bodens an Nährstoffen erforderlich sein. Es müssen demnach eine grössere Menge Nährstoffe zur Lösung kommen und ist aus dieser Ursache zum Tabaksbaue ein Boden erforderlich, welcher gut durchlüftbar und humusreich ist; dem Tabaksfelde muss der Luftzutritt durch häufiges Behacken, d. h. Auflockerung der oberen Bodenschicht, möglichst erleichtert werden.

Nach Fresenius entzieht eine durchschnittliche Tabakserndte in Blättern und Stengel dem preussischen Morgen Land folgende Mengen Mineralstoffe:

5,5 Pfd. Phosphorsäure, 30,3 Pfd. Kali, 46,4 Pfd. Kalk, 14,5 Pfd. Magnesia, 5,2 Pfd. Schwefelsäure, 14,3 Pfd. Kieselsäure und 12 Pfd. Chloralkalien.

Als Mittelerndte nimmt man 700 Pfd. vom Morgen an, diese würden nach Will und Fresenius's Analysen enthalten in Pfunden:

4,7 Phosphorsäure, 26,3 Kali, 65,2 Kalk, 14,2 Magnesia, 4,2 Schwefelsäure.

So verschieden, wie der Gehalt der Tabakpflanzen an anorganischen Stoffen ist, so verschieden müssen auch die Angaben über die Bodenerschöpfung ausfallen; um richtige bodenstatische Elemente zu erhalten, wird es nöthig sein, Tabak von kalkärmerem und kalkreicherem Boden zu untersuchen, sowie stickstoffärmern und stickstoffreichern.

Für die Praxis ergeben sich aus dem Vorstehenden die Nährstoffverhältnisse des Bodens vielleicht nicht in genügender Weise; so viel steht aber fest, dass ein stickstoffreicher, kalk- und schwefelsäurereicher Dünger gegeben werden muss und zwar in reicher Menge. Stalldünger ist es vorzugsweise, welcher in Anwendung gebracht wird und in so grossen Mengen, wie wohl bei keiner anderen landwirthschaftlichen Frucht. Bei kalkarmen Boden wird sich eine Mergeldüngung oder Kalkdüngung ganz besonders empfehlen und dürfte dem Stalldünger etwas Gyps mit Vortheil zugesetzt oder auch der Boden kurz vor der Bepflanzung etwas gegypst werden.

Bei dem Tabak kommt aber die Qualität ganz besonders mit in Betracht und müssen wir deshalb ein besonderes Augenmerk dem Einflusse des Düngers auf die Qualität des Tabaks zuwenden. Aus der Praxis ist bekannt, dass, je reicher der Dünger an Stickstoffnahrung ist, um so mehr Masse producirt wird, aber um so schlechter auch die Qualität ist. Der stickstoffreichere Schaf- und Pferdedünger gibt eine grössere Menge und schlechtere Qualität, der stickstoffärmere Rindviehdünger eine geringere Menge, aber bessere Qualität. In denjenigen Ländern Amerikas, welche guten Tabak liefern, wird der Boden nicht gedüngt, derselbe ist aber reich an mineralischen Nährstoffen und an Humus. Der reiche Humusgehalt bei höherer mittlerer Temperatur der Vegetationsperiode macht durch reiche Kohlensäure-Bildung eine grosse Menge mineralische Nährstoffe frei und bietet dem Tabak eine concentrirtere Bodenlösung, überhaupt eine grössere Menge aufnehmbarer Nährstoffe. In diesen Gegenden ist natürlich der Tabak darauf angewiesen, einen grossen Theil der Stickstoffnahrung von der Atmosphäre zu nehmen; es ist hier aber auch diese Art der Zuführung der Stickstoffnahrung eine günstigere als bei unseren klimatischen Verhältnissen. Ob durch diese verschiedene Art der Zuführung von Stickstoffnahrung ein Unterschied in der Qualität hervorgerufen wird, wissen wir freilich nicht, doch können wir uns vorstellen, dass da, wo die Tabakpflanze ihre Stickstoffnahrung hauptsächlich von der Atmosphäre nimmt, nur soviel Stickstoffnahrung aufgenommen wird, als eben zur Entwicklung der Pflanze nöthig ist, dass hingegen bei uns, die wir den Boden mit Stickstoffnahrung reichlich versehen, noch Stickstoffnahrung in die Pflanze eintritt, wenn sie bereits vollständig entwickelt ist, und

hierdurch ein Uebermaass von Eiweissstoffen erzeugt wird, welches die Qualität des Tabaks verschlechtert. Wie die verschiedenen stickstoffhaltigen Nährstoffe — Ammoniak, Salpetersäure — und wie die übrigen Nährstoffe auf die Qualität des Tabaks einwirken, wissen wir ebenfalls nicht. Der Tabakbau erfordert, wie man sieht, noch ein fleissiges Studium.

Bei der Cultur des Tabaks kommt es vorzugsweise auf die Ausbildung der Blätter an, und um die möglichst vollkommenste Ausbildung derselben zu erreichen, stört man die Pflanze in ihrer Entwicklung, indem man die Krone abbricht und nur 12—15 Blätter stehen lässt und alle später noch hervortretenden Blätter ausbricht. Alle Entwicklungsthätigkeit wirft sich nun auf die stehengebliebenen Blätter; kurze Zeit nachdem dieselben ihr Wachsthum beendet haben, hört die Assimilation von Stickstoffnahrung und die Bildung eiweissartiger Stoffe auf und die in den Blättern angehäuften gelösten eiweissartigen Stoffe wandern aus ihnen fort in den Stengel und in die Wurzel, ein Vorgang, welcher von besonderer Bedeutung für die Qualität des Tabaks ist. Je weniger Eiweissstoffe in den Blättern enthalten sind, um so vorzüglicheren Tabak liefern sie. Diese Rückwanderung der genannten Stoffe aus den Blättern erfolgt, wie ich in der ersten Abtheilung gezeigt habe, bei allen Blättern und ist für die Tabakpflanze ebenfalls anzunehmen. Dieser Umstand erklärt es, weshalb ein warmer Herbst so vorzüglich auf den Tabak wirkt; je länger die Temperatur Stoffwanderungen in der Pflanze gestattet, um so länger dauert auch die Rückwanderung der eiweissartigen Stoffe und um so ärmer werden die Blätter an diesen Stoffen. Zu schnelles Reifen der Blätter hindert dieselben an ihrer Entleerung und eignet sich deshalb ebenso wenig ein trockner Boden und allzu trocknes Klima für den Tabakbau, als ein zu nasser Boden und zu wenig Wärme. Die Wanderung der eiweissartigen Stoffe aus den Blättern in Stengel und Wurzel findet auch dann noch Statt, wenn die Pflanze mit ihren Wurzeln aus der Erde genommen ist; diese Eigenschaft benutzend, dürfte vielleicht durch eine entsprechende Erndte der Tabakpflanze eine bessere Qualität von Blättern erzielt werden.

Das Wärmebedürfniss der Tabakpflanze ist ein ziemlich bedeutendes; er verlangt eine vollständig frostfreie Vegetationsperiode und eine höhere Temperatur zu Ende der Vegetationsperiode. In den gemässigten Himmelsstrichen kann er überall da nur mit Vor-

theil gebaut werden, wo im Mai keine Nachtfröste mehr eintreten und wo der October noch eine höhere Mitteltemperatur besitzt; die Auspflanzung fällt hier in den Mai, die Erndte in den October. In Deutschland darf die Auspflanzung jedoch erst im Juni vorgenommen werden, hier und da auch schon von Mitte Mai an; die Erndte nimmt gewöhnlich schon Ende September ihren Anfang. Ueppige Entwicklung der jungen Pflanze ist besonders nöthig, weil eine solche vorzugsweise eine üppige Blattmasse erzeugt (vergl. S. 485); es ist deshalb Gebrauch, in einem an Stickstoffnahrung reichen Samenbeete üppig entwickelte Setzlinge zu erziehen, und zwar geschieht dies ebensowohl in wärmeren Gegenden, wo der directen Aussaat des Tabaks auf's Feld keine klimatischen Hindernisse entgegentreten, als auch bei uns, wo die Wärme der ersten Zeit der Vegetationsperiode nicht genügt, um die junge Pflanze zur Entwicklung zu bringen und dieselbe gegen Nachtfröste und niedrige Temperatur zu schützen ist.

Der Tabak verlangt einen gut durchlüftbaren, lockeren und humusreichen Boden, weshalb ihm der sogenannte milde Lehmboden am meisten zusagt; indess gedeiht er auch auf weniger leichtem Lehm- und Thon- und auf lehmigem und thonigem Sandboden. Feuchtes und zu trocknes Klima passt nicht für ihn. Als Vorfrüchte sind diejenigen am geeignetsten, welche den Boden von Unkraut frei und gehörig gelockert zurücklassen, also Hackfrüchte, Klee, Dreesch, doch folgt er am häufigsten nach Getreide und lässt sich dagegen nichts einwenden, da der Boden vor Winter gehörig bearbeitet werden kann. Hinsichtlich der Nährstoffverhältnisse des Bodens ist der Tabak gleichgültig gegen Vorfrüchte, weil zu ihm jedesmal gedüngt wird. Aus derselben Ursache ist er auch verträglich mit sich selbst und wird an manchen Orten Jahr auf Jahr auf demselben Acker gebaut. Man will sogar die Beobachtung gemacht haben, dass bei einem permanenten Tabakfelde die Qualität besser wird. Es liesse sich dies wohl dadurch erklären, dass auf dem permanenten Tabakfelde niemals so sehr stark mit Stallmist gedüngt zu werden braucht und die Stickstoffnahrung nicht in allzureicher Menge der Pflanze geboten wird.

Das Tabaksfeld befindet sich nach der Erndte in einem für Cerealien besonders geeigneten Zustande; es ist durch das fleissige Behacken während der Tabakcultur gereinigt und gelockert und durch die Erndte wurde ihm verhältnissmässig wenig Phosphorsäure

und Magnesia entzogen. Da die Düngung zum Tabak eine sehr starke war, so verbleiben dem Boden noch eine grössere Menge Nährstoffe und auch humose Substanzen genug, um die Nährstoffe für eine Cerealiensaat, für Weizen und Gerste besonders, in Lösung zu versetzen; Raps und andere blätterreiche Gewächse, die einer grösseren Menge Stickstoffnahrung, Schwefelsäure und Kalk bedürfen, eignen sich weniger gut als Nachfrucht des Tabaks. Gewöhnlich folgen zwei Getreidesaaten nach einander; man darf indess nicht vergessen, dass der Humusgehalt des Bodens durch das häufige Behacken des Tabaks bedeutend vermindert wird, und ein leichterer, der Luft sehr zugänglicher Boden im dritten Jahre nach der Düngung auch nach Tabak in der Regel arm an Humus geworden ist und nicht Kohlensäure genug liefert, um für den wurzelschwachen Weizen oder die wurzelschwache Gerste genug Nährstoffe zu lösen. Auf einem solchen Boden würde es sich nicht lohnen, Weizen oder Gerste im zweiten Jahre nach dem Tabak folgen zu lassen; auf weniger leichtem Boden bringt man gern im ersten Jahr nach dem Tabak Weizen oder Dinkel, im zweiten Jahre Gerste. Wenn, wie es in Flandern und im Elsass häufig geschieht, bei der Düngung zum Tabak ein grosser Theil des Stalldüngers durch Oelkuchen oder Latrinen-Dünger ersetzt wurde, so wird der Humusgehalt schneller erschöpft, und Gerste ist im dritten Jahre eine schlechte Frucht. Diese Ersatzdünger liefern nämlich dem Boden sehr viel weniger Humus als der Stallmist.

Kohl, Kraut, Brassica oleracea.

Dieses Culturgewächs ist sehr häufig der Gegenstand des landwirthschaftlichen Pflanzenbaues und wird es alsdann als sogenannter Kopfkohl oder als Blätterkohl (Strunkkohl) angebaut. In jedem Falle ist er eine echte Blattpflanze und erfordert eine Nährstofflösung, in welcher die Stickstoffnahrung, Schwefel und Kalk vorherrschen. Dasselbe gilt von diesem Gewächse, wenn es, wie es am häufigsten geschieht, im Garten angebaut wird. Bei der landwirthschaftlichen Cultur geschieht sein Anbau im Grossen. Es ist mir nur eine Aschenanalyse von dem Kohl bekannt, und würde nach dieser die Nährstoffmischung, abgesehen von der Stickstoffnahrung, folgende Verhältnisse zeigen:

PO_5		KO		CaO		Mg		SO_3
1	:	3,3	:	1,2	:	0,6	:	0,2

Wenn hier das Kali das Uebergewicht hat, so darf man nicht vergessen, dass dasselbe als Vertreter des Kalkes erscheinen kann und offenbar tritt hier, ähnlich wie bei dem Tabak, ein Theil des Kalis als Vertreter des Kalkes auf. Diese Pflanze wird sich nicht verschieden von dem Tabak verhalten, da sie wie dieser eine Blattpflanze ist, d. h. das Hauptgewicht in der Entwicklung auf die Blätter fällt.

Als mittlere Erndte darf man wohl 180 Centner vom preuss. Morgen annehmen und würde dieselbe bei einem Wassergehalte von 86 Procent und einem Aschengehalte der Trockensubstanz von 10 Procent dem preussischen Morgen an mineralischen Stoffen entziehen

31 Pfd. Phosphorsäure, 100 Pfd. Kali, 37 Pfd. Kalk,
18 Pfd. Magnesia und 6 Pfd. Schwefelsäure.

Als zuverlässig sind diese Zahlen gewiss nicht anzusehen; auf einem kalkreicheren Boden wird der Kaliverlust jedenfalls bedeutend geringer, der Kalkverlust höher sein, und der Verlust an Schwefelsäure die angegebene Menge bedeutend übersteigen. Die in Rede stehende Pflanze bedarf neuer chemischer Untersuchungen und müssen dazu Pflanzen gewählt werden, welche auf einem nicht kalkarmen Boden gewachsen sind. Mehr wie die obigen Zahlen, giebt uns der Charakter dieses Gewächses Aufschluss über das Nährstoffbedürfniss: sie ist Blattpflanze und erfordert deshalb zu ihrer üppigen Entwicklung viel Stickstoff- und Schwefelnahrung und viel Kalk; ihr Wurzelwerk ist schwach entwickelt und muss deshalb der Boden, soll viel Masse producirt werden, reich an Nährstoffen und an Humus sein. Man giebt dem Boden eine sehr starke Stallmistdüngung und giebt der Kohl einen um so höheren Ertrag als die Düngung stickstoffreicher ist, weshalb der Schafdünger den Vorzug verdient, und nächst diesem der Pferdedünger. Man pflanzt den Kohl in die frische Düngung, d. h. man giebt den Dünger mit der letzten Furche kurz vor der Bepflanzung und hat gefunden, dass unser Gewächs dabei sich am üppigsten entwickelt. Es scheint, dass die ammoniakalische Stickstoffnahrung weit mehr wie oxydirte Stickstoffnahrung (Salpetersäure) eine üppige Entwicklung der Blätter bewirkt, denn im frisch gedüngten Boden befindet sich der grösste Theil der Stickstoffnahrung noch in Form von Ammoniak, wohingegen das Ammoniak bei längerer Berührung mit dem Boden zum grossen Theile zu Salpetersäure oxydirt wurde. Diese

Annahme, die auch durch einige Vegetationsversuche unterstützt wird, bedarf indess noch sehr der Bestätigung. Aufklärung darüber würde aber für die pflanzliche Nahrungsmittellehre von grossem Interesse sein. Der zur Kohlpflanzung bestimmte Boden, wenn er von Natur kalkarm ist, verlangt eine Mergel- oder Kalkdüngung, und wird die Zuführung von Gyps nur von Vortheil für die Kohlproduction sein. Von Beidüngern ist Guano durch seinen Stickstoffgehalt besonders wirksam, ebenso Latrinendünger. Nachdüngung mit Mistjauche oder Guanowasser befördert die Ueppigkeit der Pflanze sehr. Wie vorzüglich die Kalkdüngung auf Kohl wirkt, habe ich oft Gelegenheit zu sehen gehabt und zwar in Gärten, die trotz des physicalisch guten Bodens und der reichsten Düngung kohlmüde geworden waren, sich aber durch eine Kalkdüngung zu ihrer alten Productionsfähigkeit wieder erhoben. Der Boden einiger solcher Gärten wurde untersucht und aussergewöhnlich arm an Kalk gefunden.

Das Wärmebedürfniss des Kohls ist eben nicht gross; da aber die üppige Entwicklung der Pflanze in späterer Periode sehr beeinflusst wird von der üppigen Entwicklung der jungen Pflanze und unsere klimatischen Verhältnisse nicht geeignet sind, auf dem Felde aus dem Samen eine üppige Pflanze zu entwickeln, so erzieht man Setzlinge in Samenbeeten, die stark gedüngt sind und eine warme Lage haben. Die Setzlinge werden Ende Mai gewöhnlich ausgepflanzt. Während der Vegetation muss der Boden mehrere Mal gehackt werden, um der Luft gehörigen Zutritt zum Boden zu gestatten und das Unkraut zu vertilgen. Das Wurzelwerk des Kohls ist kümmerlich, es hat aber die Eigenschaft, ein starkes Adventivwurzelsystem zu entwickeln und wird der Entwicklung desselben durch Behäufelung Gelegenheit geboten. Welche Vortheile diese Operation sonst noch hat, habe ich früher ausführlicher besprochen. Gelinde herbstliche Nachtfröste schaden dem Kohl nicht viel und kann deshalb die Erndte bis spät in den Herbst verschoben werden. Feuchtigkeit schadet dem Kopfkohl mehr und veranlasst das Springen der Köpfe. Der Strunkkohl, welcher hauptsächlich zum Abblatten bestimmt ist und seine Blätter nicht zu einem festen Kopfe schliesst, kann schon frühzeitig eines Theiles seiner Blätter beraubt werden; es wachsen immerfort neue nach, und weil die Pflanze beständig nur jüngere Blätter besitzt, in diesen aber die Bildung eiweissartiger Stoffe vorherrscht, so muss man durch den Strunkkohl mehr

Proteinsubstanzen erndten als durch Kopfkohl, welcher wenig oder nicht geblattet wird. Es ist klar, dass ersterer aber auch den Boden mehr erschöpft als letzterer. Sollen schöne und nährstoffreiche Kohlköpfe producirt werden, so ist es nöthig, dem Kohl alle Blätter zu lassen, ihn nicht abzublatten, da aus den älteren Blättern immerfort organische Stoffe nach den Innenblättern, die im geschlossenen Kopfe nicht assimiliren und keine organische Stoffe erzeugen, hinwandern. Bei dem Kopfkohl sind es besonders die äusseren flatterigen Blätter, welche assimiliren und organische Stoffe erzeugen; nimmt man diese aber fort, so können sich unmöglich viele Innenblätter und die vorhandenen nicht vollständig entwickeln. Das vergesse der Landwirth nie; Abblatten vermindert sehr beträchtlich die Schwere und den Nährstoffgehalt des Kopfes und selbst aus absterbenden, gelbwerdenden Aussenblättern wandern bis zum gänzlichen Untergange noch immer organische Stoffe in den fortlebenden Theil der Pflanze zurück. Auch nach dem Abschneiden geht die Wanderung aus den Aussenblättern nach den Innenblättern wahrscheinlich noch fort, und weil diese Wanderung unzweifelhaft auch nach dem Strunke geht, wird das Abschneiden dicht unter dem Kopfe zu empfehlen sein, wenn dem sonst keine Hindernisse sich bieten.

Jeder Boden, der leicht zu lockern und humusreich ist, eignet sich zum Kohlbaue; Sandboden hingegen nur, wenn er humusreich ist und eine feuchte Lage hat, oder bei feuchtem Klima. Auf zu feuchtem Boden scheint der Kopfkohl gern zu schiessen.

Die Vorfrüchte haben keinen Einfluss auf den Kohl, auch ist er mit sich selbst verträglich, so dass er Jahr auf Jahr, natürlich mit Düngung, gebaut werden kann, was sich auf dem Felde gewiss aber nicht lohnen würde. Der Kohl lässt den Boden in einem reinen und lockeren Zustande zurück und wegen der starken Düngung ist derselbe auch noch reich an Nährstoffen, besonders an Phosphorsäure und Magnesia, weshalb die Cerealien am besten folgen. Der Humusgehalt ist indess stark angegriffen worden, weil das häufigere Behacken zu seiner schnellen Zersetzung beiträgt und, da auch selbst die Kohlstrünke vom Felde fortgeschafft werden müssen, keine humuserzeugenden Rückstände von der Kohlvegetation dem Felde verbleiben. Wegen der sehr starken Düngung ist jedoch auf einem gebundeneren Boden Humus genug zu zwei Cerealienerndten, wenigstens wenn dem Kohl eine volle Stallmistdüngung

gegeben worden war; auf leichterem Boden hingegen oder wenn ein Theil des Stalldüngers durch Beidünger ersetzt wurde, ist nur auf eine gute Halmfruchterndte zu rechnen, und zwar nimmt man dann an vielen Orten Gerste mit Klee.

Der Rothklee, Ackerklee.

Blätter- und Stengelbildung ist bei dem Klee vorwaltend; höchstens bis zur Blüthe geht seine Vegetation, wenigstens wie dies am häufigsten ist, wenn er zur Grünfütterung verwendet wird; zur Samenbildung lässt man nur kleine Parzellen gelangen. Weil bei ihm die Blatt- und Stengelentwicklung vorwaltet, haben wir ihn zu den Pflanzen der Stickstoffgruppe gezählt, Pflanzen also, die zu ihrem Gedeihen eine Nährstoffmischung verlangen, in welcher Stickstoff, Schwefel, Kalk und auch Kali in grösserem Verhältnisse zugegen sind; freilich bildet der Klee mit noch einigen anderen Pflanzen eine Abtheilung der Stickstoffgruppe, bei welcher die Bodenlösung nicht so reich an Stickstoffnahrung zu sein braucht, weil das ausgedehnte Blattwerk eine grössere Menge Stickstoffnahrung von der Atmosphäre nimmt.

Die Zusammensetzung des Klee's hat sich je nach der Bodenbeschaffenheit und nach dem Nährstoffverhältniss des Bodens sehr verschieden ergeben; ich stelle in der folgenden Tabelle einige Analysen zusammen. (Siehe umstehende Tabelle.)

Der Ertrag des Klee's ist je nach den Boden- und Witterungsverhältnissen sehr verschieden; als eine mittlere Erndte kann man 150 Centner vom preussischen Morgen, als eine reiche Erndte 200 Centner in zwei Schnitten ansehen. Berechnen wir auf dieser Grundlage die Mengen Nährstoffe, die durch eine Jahres-Erndte dem Boden entzogen werden, und die Stickstoffnahrung, welche ihr geliefert worden ist, so ergeben sich folgende Zahlen nach den verschiedenen Analytikern in Zollpfunden und pro preussischen Morgen.

	KO	CaO	MgO	PO_5	SO_3	N
Ullbricht bei 150 Ctr. . .	85,5	45,0	15,0	22,6	13,5	66,0
„ „ 200 „ . .	114,0	60,0	20,0	30,0	18,0	88,0
Hulwa, ungegypst 150 Ctr. .	50,7	76,5	21,0	18,3	13,5	—
„ „ 200 „ .	67,5	102,5	28,1	24,4	18,1	—
Pincus, 150 Ctr. gegypst . .	97,5	52,5	15,0	24,0	13,5	93,0

100 Theile grüner Klee enthalten Theile (1 Ctr. grüner Klee enthält Pfunde).

Analytiker.	Vegetation, Bodenverhältnisse.	Wasser.	Trockensubstanz.	Kali.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Schwefelsäure aus organischem Schwefel.	Stickstoff.	Proteinsubstanz.
			Organische Substanz.								
Ullbricht	1. Schnitt, Blüthe	80,00	18,83	0,50	0,33	0,11	0,16	0,09		0,45	2,85
	2. Schnitt, Blüthe	83,00	15,77	0,64	0,27	0,09	0,14	0,09		0,43	2,72
	Mittel aus beiden	81,50	17,30	0,57	0,30	0,10	0,15	0,09		0,44	2,79
			Trockensubstanz.								
Hulwa	Nicht gegypst										
	1. Schnitt	76,40	23,60	0,29	0,51	0,14	0,11	0,05?**)	—	0,98	6,20
	2. Schnitt	80,00	20,00	0,41	0,51	0,14	0,14	0,05?	—	0,93	5,90
	Gegypst										
	1. Schnitt	77,80	22,20	0,24	0,54	0,16	0,11	0,08?	—	0,90	5,70
	2. Schnitt	80,00	20,00	0,39	0,54	0,13	0,13	0,07?	—	0,90	5,65
Pincus	Nicht gegypst	80,00*)	20,00	0,54	0,35	0,09	0,13	0,02?	—	0,53	3,38
	Gegypst	80,00*)	20,00	0,65	0,35	0,10	0,16	0,06?	—	0,62	3,94
E. Wolf	Geschnitten am 15. Juni	80,40	19,60	0,47	0,26	0,08	0,09	0,04?	—	0,43	2,72

Wieviel Stoffe eine Klee-Erndte enthält, erfährt man durch Multiplikation der Centnerzahl des grünen Klees mit den Zahlen der Tabelle.

---

*) Diese Zahlen waren von dem Analytiker nicht angegeben, und wurden deshalb Mittelzahlen angenommen.

**) Diese und die Zahlen der nachfolgenden Analysen wurden aus der Asche bestimmt und sind deshalb nicht als genau anzunehmen, weil bei der Einäscherung Schwefel verflüchtigt wurde.

	KO	CaO	MgO	PO_5	SO_3	N
Fresenius berechnet bei einer Erndte von 148 Ctr. . . .	72,0	79,0	23,9	18,1	9,2	73,0
Wolf bei 150 Ctr.	70,5	39,0	12,0	13,5	13,5	64,5
Weizenerndte nach Fresenius	16,3	6,4	2,2	10,1	10,3	30,5

Eine Vergleichung der vorstehenden Zahlen lässt erkennen, dass der Klee ganz vorzüglich einer Nährstoffmischung bedarf, in welcher Kali und Kalk in grösserem Verhältnisse zugegen sind, und dass eine Klee-Erndte dem Boden eine sehr bedeutende Menge von pflanzlichen Nährstoffen entzieht.

Wie gering sind gegen den Klee die durch den Weizen dem Boden entzogenen Mengen! Auch dürfte man wohl schliessen, dass das Kali zum Theil durch Kalk vertreten werden kann. Hieraus, sowie aus dem früher über die Functionen des Kalis und Kalkes und über deren Vertretung Gesagten, dürfte der Schluss sich ziehen lassen, dass ein Boden, der kalkreich ist, durch Klee weniger an Kali erschöpft wird, als ein kalkarmer, und daraus würde sich die praktische Folgerung ergeben, dass kalkarme Bodenarten, wenn sie gute Klee-Erndten geben und den Boden dabei wenig an Kali erschöpfen sollen, mit Kalk oder Mergel gehörig gedüngt werden müssen.

Der Boden muss noch in reicher Menge mit Nährstoffen versehen sein, will man auf eine gute Erndte rechnen, und wenn man bisher den Klee als eine bereichernde oder bodenschonende Pflanze ansah, so dürfte das, absolut genommen, ein Irrthum sein; er steht in seiner Nährstoffconsumtion den erschöpfendsten Gewächsen gleich. Der Klee zeichnet sich aber durch seine leichte Ernährungsfähigkeit aus, und deshalb vermag er in dritter und vierter Tracht der Düngung noch reiche Erndten zu liefern; was seine Vorgänger zurückliessen, das sucht er auf, er bedarf keiner concentrirten Bodenlösung und keines besonders hohen Nährstoff-Sättigungsgrades des Bodens. Und was ihn hierzu besonders geeignet macht, ist seine Wurzelüppigkeit; er ist von allen Pflanzen diejenige, welche den Boden am meisten von Wurzeln durchsetzt, er schmiegt seine Wurzelfäden an alle Bodentheilchen an, die von den Wurzeln der Vorfrüchte verschont blieben, und beraubt sie der aufnahmsfähigen Nährstoffe. Gehen seine Wurzeln auch tiefer, wie die Wurzeln seiner Vorgänger, so verbreiten sich doch ihre Wurzelfäden nur in der oberen Schicht der Ackerkrume, in der tieferen Schicht derselben entwickeln sich nur in einem tiefgelockerten

Boden die Wurzelfäden reichlicher. Mehr wie der Tiefgang der Wurzeln, trägt der Wurzelfädenreichthum in der oberen Schicht der Ackerkrume zur leichten Ernährungsfähigkeit bei. (Vergl. S. 182.)

Von der Düngung des Klees spricht man viel zu wenig; der Klee soll sich mit den Resten des den Vorfrüchten gegebenen Düngers begnügen; in einem überaus reichen, düngkräftigen Boden mag das am Orte sein, bei den meisten Feldern indess würde eine nachhelfende Düngung sich lohnen. Gegenüber den bedeutenden Mengen von Nährstoffen, welche der Klee nöthig hat, bedarf es keiner besonderen Betonung, dass man die Düngung des Klees nicht zu vernachlässigen hat und sind es gerade Kali, Kalk und Schwefelsäure, welche ein Hauptaugenmerk verdienen.

Zum Klee wird nie eine Stallmistdüngung gegeben; er kommt erst in zweiter bis vierter Tracht auf dieselbe. Die Nährstoffverhältnisse des Kleefeldes sind so verschieden wie die Fruchtfolgen, doch lassen dieselben sich leicht beurtheilen. Folgt der Klee auf Brache und zwei Halmfrüchte, zu deren erster gedüngt wurde, oder auch nach zwei Halmfrüchten ohne Brache, so ist das Kleefeld noch reich an Kali, Kalk und den meisten übrigen Nährstoffen, sogar ist bei einem nicht gerade armen Boden noch eine Menge Phosphorsäure vorhanden, die vollständig zur Ernährung des Klees genügt. Bei dieser Fruchtfolge darf man auf einen guten Klee rechnen. Drei Halmfruchterndten nach der reinen Brache, oder nach drei solcher Erndten auch ohne Brache, wenn zu der ersten gedüngt wird, würden dem Boden mit alter Kraft auch noch soviel Nährstoffe belassen, als eine gute Klee-Erndte erfordert, indess würde bei einer solchen Fruchtfolge der Boden zu sehr verunkrauten; nur in einem Boden, der wenig zur Verunkrautung geneigt oder, wie in Belgien, häufig gejätet wird, ist dies zulässig. Gedüngter Raps und zwei Halmfrüchte oder Tabak und zwei Halmfrüchte können auf einem reichen Boden dem Klee gut vorangehen, wenn bei dieser Fruchtfolge auch der Boden mehr erschöpft wird, als bei den erstgenannten. Auf einem leichteren Boden könnte nach Tabak der Kalk für den Klee in zu geringer Menge zugegen sein, natürlich auf kalkarmem Boden und nach Raps die auf den Klee folgende Halmfrucht an Phosphorsäure Mangel leiden. Nach Tabak könnte auch wohl das Kali und die Schwefelsäure nicht hinreichen zu einer guten Kleevegetation. Eine Ueberdüngung von Kalk, Gyps oder Asche, oder Knochenmehl (zur nachfolgenden Halmfrucht) würde da wohl nachhelfen

und die Fruchtfolge nicht unmöglich machen. Besonders aber ist ein solcher Mangel zu erwarten, wenn die vorhergehenden Erndten aussergewöhnlich reich waren. Folgt der Klee Gewächsen aus der Kaligruppe (Kartoffeln, Runkelrüben, Turnips), so kann selten mehr als eine Halmfrucht zwischen beide geschoben werden, und selbst hierbei wird ein nicht in alter Kraft befindlicher und bei der Hackfrucht nicht tiefgelockerter Boden leicht Mangel an Kali haben, der allenfalls durch Asche zu beseitigen ist. Nach Hackfrüchten findet der Klee aber eine Bodenlockerung, die ihm besonders zusagt, eine Lockerung der Erde in der unteren Schicht der Ackerkrume, die in der Regel reich an Nährstoffen ist und in welcher sich alsdann die Wurzeln üppig entwickeln können. Dieser Ursache halber bringt man Klee gern auf Hackfrüchte mit einer, seltener mit zwei zwischen geschobenen anderen Gewächsen. Je besser die Hackfrüchte gediehen waren, um so mehr ist der Klee gefährdet, doch wird man dieser Gefahr durch kalireiche Dünger leicht vorbeugen können. Wenn an die Stelle von zwei aufeinander folgenden Halmfrüchten eine Halmfrucht und eine Hülsenfrucht gegeben werden, so weichen die Nährstoffverhältnisse des Kleefeldes nur insoweit von der Fruchtfolge mit zwei Halmfrüchten ab, als mehr Phosphorsäure fortgeht und die nach dem Klee folgende Halmfrucht Mangel daran haben kann, welchem jedoch durch Knochenmehl oder Superphosphat vorgebeugt wird.

Holzasche, Kalk und Gyps haben sich als vortreffliche Düngung erwiesen, und wird eine flüssige Düngung — Stallwasser — oder selbst ein dünnes Ueberstreuen mit Guano sich lohnen. Kali wird von dem Klee in grösserer Menge aufgenommen und nur wenige Felder werden dasselbe in solcher Menge enthalten, dass eine Holzaschdüngung nicht den Klee-Ertrag vermehren würde; „wenige Düngmittel kommen der Asche, es sei Holzasche, Braunkohlenasche oder gute Torfasche, für den Klee gleich," sagt Schwerz. Wo aber Asche nicht zu haben ist, wird man auf einem kalkarmen Boden mit Kalkdüngung einen Theil der Kaliwirkung gewiss ersetzen. Gyps erweist sich auf den meisten Feldern als vorzügliche Kleedüngung, und ist das leicht zu erklären. Es fällt die Hauptwirkung des Gypses auf die Schwefelsäure und ihre proteinstoffbildende Wirkung; wie aus den vorhin notirten Analysen hervorgeht, wird der Kalkgehalt der Pflanze durch die Gypsdüngung nicht vermehrt. Die Schwefelsäure wird in verhältnissmässig grosser

Menge von allen Vorgängern des Klees aufgenommen; zudem ist sie ein Nährstoff, der am wenigsten vom Boden absorbirt und am leichtesten vom Regen in den Untergrund hinab gewaschen wird. Bei Halmfrüchten ist das Hinabwaschen der Schwefelsäure in tiefere Schichten am stärksten, weil hier der Regen, von den Blättern nur wenig zurückgehalten, am schnellsten in den Boden eindringt. Sind zwei Halmfruchterndten aufeinander gefolgt, so ist immer ein grosser Theil der Schwefelsäure aus der Ackerkrume fortgewaschen und der Mangel an Schwefelsäure am meisten zu befürchten. Nur in einem thonreichen Boden, welcher das Wasser in seiner oberen Schicht festhält und nur wenig tiefer dringen lässt, ist der Mangel an Schwefelsäure am wenigsten zu befürchten. Kalkreicher Boden ist dem Klee am günstigsten, offenbar deshalb, weil der Klee vom Kalk consumirt und der Kalk auch einen Theil Kali zu ersetzen vermag.

Kleemüdigkeit ist die Klage so vieler Landwirthe; was ist die Kleemüdigkeit? das ist die Frage, die so oft aufgeworfen wird. Bedenkt man, in welch' grosser Menge der Klee alle Nährstoffe, mit Ausnahme der Kieselsäure bedarf, in welch' grosser Menge schon die vorhergehenden Gewächse die Nährstoffe dem Boden entzogen haben: so dürfte die Frage nach der Kleemüdigkeit nicht so dunkel sein, wie man gern annimmt. Man halte den Boden reich an Kali, Kalk, Magnesia und besonders an Schwefelsäure, die so leicht in zu geringer Menge zugegen ist, so wird man wohl schwerlich über Kleemüdigkeit zu klagen haben. Durch die entsprechende Nachdüngung mit Kalk, Asche, Gyps u. s. w. wird man den Mangel des Kleefeldes ausgleichen können; man vergesse dabei aber nicht, dass die Düngung mit einem einzelnen Nährstoffe nicht immer genügend sein kann, um das grosse Nährstoffbedürfniss des Klees zu befriedigen. Vorläufig, so lange die bodenstatischen Momente noch nicht alle festgestellt sind, werden wir uns damit begnügen, nachzurechnen, wie viel Nährstoffe die vorhergehenden Gewächse von der Düngung consumirt haben, eine Berechnung, die nach den Angaben in diesem Abschnitte und im Capitel Bodenstatik nicht schwer sein wird. Auf einem leicht durchlässigen Boden, rechne man den Verlust an Nährstoffen immer etwas höher, den Verlust an Kali, Phosphorsäure, Magnesia etwa um 1/6 des Verlustes durch die Erndten, an Schwefelsäure und Kalk etwa um 1/4 höher. Je durchlässiger ein Boden ist, d. h. je leichter

die Nährstoffe und besonders die Schwefelsäure aus ihm fortgewaschen werden, um so mehr hat man zu erwarten, dass der Klee Mangel an Nährstoffen hat und dafür zu sorgen, dass er nicht zu weit hinter der Düngung in der Fruchtfolge steht. Was nun die Stickstoffnahrung betrifft, so glaube man ja nicht, dass eine Stickstoffdüngung bei der Kleevegetation nicht von Bedeutung sei. Freilich nimmt der Klee einen grossen Theil der Stickstoffnahrung von der Atmosphäre, aber ehe er hierzu geeignet ist, müssen seine Blätter üppig entwickelt sein, es muss in dem jugendlichen Zustande dem Klee in grösserer Menge Stickstoffnahrung aus dem Boden zugeführt werden, um eine üppige Entwicklung der Blätter herbeizuführen. Soll die Kleepflanze eine grössere Menge Stickstoffnahrung von der Atmosphäre nehmen, so sorge man dafür, dass die junge Pflanze sich gut entwickelt; man gebe ihr in genügender Menge Stickstoffnahrung durch den Boden. Das Kleefeld ist in der Regel aber arm an Stickstoffnahrung, die Vorgänger des Klees zehrten alle in bedeutender Weise von dem Vorrathe der Stickstoffnahrung, der Sauerstoff zehrte daran durch Oxydation des Ammoniaks, welches dann in Form von Salpetersäure aus der Ackerkrume in grösserer Menge fortgewaschen wurde. Kümmerliche Entwicklung der jungen Kleepflanze hat eine schlechte Erndte zur nothwendigen Folge. Wo das junge Kleefeld den Anschein hat, dass es sich nicht gut entwickelt, da helfe man durch Mistjauche oder durch eine schwache Guanodüngung nach. Man führe in die Frage nach der Kleemüdigkeit also auch das Stickstoffmoment ein und man wird ihrer Lösung um so näher sein.

Der Klee wird stets in eine Ueberfrucht gesäet; die junge Kleepflanze ist sehr leicht dem Vertrocknen ausgesetzt, und kann nur unter einer Ueberfrucht vor dem Vertrocknen geschützt werden. Nothwendig aber ist es, dem jungen Pflänzchen soviel Licht zukommen zu lassen, dass es nicht im Dunkel zu Grunde geht; daher eignen sich blattarme Pflanzen — Halmfrüchte — am besten zur Ueberfrucht, blattreiche Pflanzen hingegen, die das junge Kleepflänzchen in Dunkel hüllen, sind nur als Ueberfrucht brauchbar, wenn sie sich früh selbst entblättern, oder frühzeitig genug abgeschnitten werden, auf sandigem, überhaupt leichtem Boden in trocknem Klima eignen sich die blattreichen Pflanzen noch am besten als Ueberfrucht, weil durch dieselben die Bodenfeuchtigkeit mehr erhalten wird.

„Es ist immer ein Vortheil, wenn der Klee starkstämmig zum Winter kommt.“ (Schwerz.) Entwickelt sich die junge Kleepflanze in dem ersten Sommer und im Herbste üppig, so vermögen ihre Blätter stärker zu assimiliren und eine grössere Menge organischer Bildungsstoffe zu erzeugen, die vor dem Absterben der Blätter im Herbste in die Wurzel hinabwandern und eine üppige Entwicklung der Wurzel jetzt schon veranlassen. Hierdurch wird der Klee nicht nur vor dem Auswintern geschützt, sondern die in der Wurzel angehäuften Bildungsstoffe entwickeln im nächsten Frühjahre schnell eine üppige Pflanze, die ihrerseits auch wieder schneller und stärker assimilirt und eine schnelle Ausbildung des Klees zur Folge hat. Entwickelt sich die Kleepflanze im Frühjahre kümmerlich, so ist die Production des Kleefeldes für den ersten Schnitt geschwächt. Daher ist durch Düngungsnachhülfe im Sommer oder Herbste für gute Entwicklung des Klees zu sorgen. Steht im Sommer oder Herbste der junge Klee üppig, so schneidet ihn der Landwirth gern ab oder lässt ihn abweiden, auf leichtem Boden von Kühen, auf nicht leichtem durch Schafe. Man streitet darüber, ob ein solches Abweiden oder Abschneiden zulässig oder schädlich sei, und sind die Ansichten darüber sehr getheilt. Die Entscheidung wird nach dem Vorstehenden nicht schwer fallen. Es ist dafür zu sorgen, dass die organischen Bildungsstoffe in den Wurzeln sich ansammeln. Steht der Klee im Sommer schon üppig, so würde man durch ein zu frühes Abschneiden den Pflanzen die Assimilationsorgane rauben und die reichliche Bildung von organischen Stoffen verhindern. Im Herbste dürfte es hier aber gestattet sein, den Klee abweiden zu lassen, weil alsdann eine Ansammlung von Bildungsstoffen in den Wurzeln in genügender Weise stattgefunden hat. Es ist in diesem Falle sogar nöthig, weil ein üppiger Klee im Winter leicht zum Faulen der Blätter gelangt und diese Fäulniss sich leicht auf die Wurzelkrone fortsetzt. Zeigt sich Stengelbildung, so muss unbedingt abgeweidet werden, denn wollte man den Stengel aufwachsen lassen, so würde die Anlage zu einer grösseren Zahl von Seitensprossen verhindert werden; ist aber eine grössere Zahl von Seitensprossen bei der jüngeren Pflanze angelegt, so entwickeln diese sich im Frühjahre und geben die Grundlage zu einem dichten Stande des Klees. Ist die Entwicklung gleich nach der Aberndtung eine so starke, dass man im Laufe des Sommers oder Herbstes noch Stengelbildung befürchten muss, so wird man

mit dem Abschneiden oder Abweiden nicht lange säumen dürfen, schon 3 Wochen nach Aberndtung der Ueberfrucht ist dasselbe zulässig. Hernach treiben die in den Wurzeln angehäuften organischen Bildungsstoffe wieder neue Blätter, welche lange stehen bleiben müssen, um durch langdauernde Assimilation eine genügende Menge organischer Stoffe erzeugen zu können. Gerade in diesem Falle darf man mit dem Abschneiden oder Abweiden nicht lange warten, damit man die günstigen Tage des Nachsommers und Herbstes noch zur Assimilation gewinnt. Man muss also dafür sorgen, dass entweder nach dem Abweiden noch eine geraume und günstige Zeit zur Assimilation bleibt, damit sich organische Bildungsstoffe in der Wurzel anhäufen können, oder man muss das Abweiden erst vornehmen, nachdem eine genügende Ansammlung der genannten Stoffe in der Wurzel stattgefunden hat, nachdem die Wurzel (der obere Theil der Pfahlwurzel), wie man zu sagen pflegt, starkstämmig geworden ist.

Im zweiten Jahre tritt die Herbeiführung einer üppigen Entwicklung der jungen Pflanze noch zweimal an uns heran; nämlich im Frühjahre und nach dem ersten Schnitte, vielleicht auch nach dem zweiten Schnitte. Man vergesse nie, dass die üppige Entwicklung der jungen Pflanzen die Productivität des Klee hebt, die üppige Entwicklung der Pflanze in späteren Perioden ganz besonders veranlasst, indem sie mehr befähigter gemacht wird, die Stickstoffnahrung und die Kohlensäure von der Atmosphäre aufzunehmen.

Der Klee liebt einen feuchten Boden und ist deshalb in thonreichen Bodenarten eine so dankbare Frucht. Doch gedeiht er auch noch auf leichterem Boden gut und selbst auf sandigem Boden liefert er in einem feuchten Klima noch lohnende Erträge. Bei den leichteren Bodenarten darf man indess nicht ausser Acht lassen, dass sie leicht arm an Nährstoffen werden und in diesem Zustande versagen dürften. Bei solchen Bodenarten wird die Düngung mit Asche, Kalk und Gyps und beim jungen Kleefelde die Stickstoffdüngung am meisten nothwendig sein, wenn man den Klee in einer sonst vernünftigen Fruchtfolge erhalten will. Mancher Boden würde eine viel lohnendere Fruchtfolge gestatten, wenn man auf die Düngung des Klees mit den genannten Stoffen mehr Gewicht legte, wohingegen ohne eine solche Düngung eine Fruchtfolge eingeführt werden muss, in welcher der Klee erst nach

vielen Jahren wiederkehren kann oder in welcher man überhaupt auf ihn verzichtet. Jeder Boden aber muss sich in einem Zustande von gehöriger Lockerung und ganz vorzüglich in den tieferen Schichten der Ackerkrume befinden; ein verhärteter Boden verhindert die Entwicklung der Wurzel und benimmt dem Klee die leichte Ernährungsfähigkeit.

Zur Gewinnung von Samen wählt man am besten einen Boden, auf dem der Klee nicht gar zu üppig wird; am besten ist ein leichter Lehmboden oder thonreicher Sandboden. Wo der Klee üppig vegetirt, wird die Stengel- und Blattbildung zu sehr vorherrschen, um auf guten und vielen Samen rechnen zu dürfen. Gewöhnlich wählt man die weniger üppig entwickelten Pflanzen nach einem frühzeitigen ersten Schnitte.

Trotzdem der Klee dem Boden eine so grosse Menge Nährstoffe entzieht, bleibt er doch in einem Zustande zurück, dass ohne Düngung noch eine, unter günstigen Verhältnissen sogar noch zwei Halmfruchterndten gewonnen werden können. Unsere älteren Landwirthschaftslehrer schrieben deshalb dem Klee eine Bodenkraft vermehrende Eigenschaft zu. Diese Bodenkraftvermehrung ist aber ein Irrthum; im Gegentheile wird der Boden nur fähig gemacht noch mehr an seinen pflanzlichen Nährstoffen erschöpft zu werden; es werden Verhältnisse durch den Klee herbeigeführt, wodurch der Rest der Nährstoffe des Bodens gelöst und der Pflanze zugänglich gemacht wird. Die Bodenkraftvermehrung ist also nur eine scheinbare. Der Klee hinterlässt dem Boden eine grosse Menge Rückstände in den Wurzeln und dem jungen Ausschlage; John giebt dieselbe auf beinahe eben soviel Trockenmasse an, als der Boden Trockenmasse producirt hatte, etwa 19—20 Ctr.; Andere rechnen sie noch höher und nimmt man sie gewöhnlich einer Viertels-Turnusdüngung gleich. Bei der weiteren Beackerung des Kleedriesches verwesen die Wurzeln und werden die in ihnen enthaltenen mineralischen Stoffe nicht nur frei und gehen in eine leicht aufnehmbare Nahrung über, sondern, und was die Hauptsache ist, die verwesenden Wurzelrückstände erzeugen noch einmal eine grössere Menge Kohlensäure, welche weiterhin dann lösend auf die Nährstoffe einwirkt. Die Rückstände sind demnach nur dem Humus gleich zu achten, welchen wir in einem Bruchtheile einer Stallmistdüngung auf den Acker bringen. Gegenüber einer Stallmistdüngung haben die Wurzelrückstände des Klees aber noch

den Vortheil, dass sie weit vollkommener mit dem Boden gemischt sind, als dies nach einer Stallmistdüngung im ersten Jahre der Fall ist. Der Humus der Kleerückstände löst also soviel Nahrungsstoffe, als eine Halmfruchterndte erfordert, wozu, wie wir später sehen werden, keine bedeutende Mengen nöthig sind. Auf einem reichen Boden kann selbst Weizen noch einmal eine gute Erndte ohne Dünger liefern; Roggen und besonders Hafer gedeihen indess auf minder reichem Boden besser, weil ihr ausgedehnteres Wurzelwerk leichter die Nährstoffe sammelt; vorzüglich ist es der Hafer, welcher als Nachfrucht des Klee am meisten sich empfiehlt. Eine zweite Halmfrucht wird wohl nur auf aussergewöhnlich reichem Boden noch lohnenden Ertrag liefern; in den meisten Fällen wird man hierzu eine schwache Stallmistdüngung geben müssen; auf manchem Boden wird man auch mit einer Knochenmehldüngung oder Superphosphat ausreichen, wenigstens auf schwereren Bodenarten. Hülsenfrüchte, Buchweizen kommen ebenfalls gut nach Klee ohne Düngung fort, der Lein bedarf ebenfalls keiner Düngung, doch wird in manchen Gegenden mit Stallmist überdüngt und kurz vor der Saat der Mist abgeeggt. Hülsenfrüchte und Buchweizen dürften in einem kalkarmen Boden leicht Mangel an Kalk haben, dem man durch Kalk- oder Mergeldüngung abhelfen kann. Eine Halmfrucht und eine Hülsenfrucht, oder an Stelle der letzteren Buchweizen können ebenfalls höchstens auf sehr reichem Boden dem Klee ohne Düngung folgen und wird man auch hier nicht ohne Erfolg mit Knochenmehl oder Superphosphat nachhelfen, besonders bei den Hülsenfrüchten.

Der Klee lässt den Boden in physikalisch ausgezeichnetem Zustande zurück, weil das den Boden allseitig durchsetzende Wurzelwerk ihn gelockert hat und bei der Verwesung der Wurzelrückstände nur noch mehr lockert und die Vertheilung des aus den Wurzelrückständen hervorgehenden Humus eine ausgezeichnete ist. 100 Theile lufttrockner Kleesamen enthalten nach Siegert: 17,27 Wasser, 1,33 KO, 0,18 CaO, 0,44 MgO, 1,24 PO_5, 0,25 SO_3 ? 4,73 N.

Luzerne.

In 100 Theilen grün geschnittener Luzerne ist enthalten:

Wasser.	Trockensubst.	KO	CaO	MgO	PO_5	SO_3	N	
79,0	21,0	0,55	0,73	0,20	0,28	0,11	0,87	(Ritthausen.)
79,4	20,6	0,43	0,61	0,07	0,14	0,13	0,78	(Wolf.)

Geerndtet werden auf einem preussischen Morgen nach Wolf 100 Ctr. frische Luzerne, nach Kreisig 120—150, nach Schweizer 150 Ctr. auf dem mehrjährigen Felde. Berechnen wir hiernach die Menge Nährstoffe, die in einem Jahre dem Morgen Feld entzogen werden, so ergeben sich uns folgende Zahlen in Pfunden:

	KO	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	N	
bei 100 Ctr.	55	73	20	28	11	87	Ritthausen.
„ 150 „	83	110	30	42	17	131	
„ 100 „	43	61	7	14	13	78	Wolf.
„ 150 „	65	92	11	21	20	117	

Wenn auch in der Zusammensetzung dem Klee ähnlich, entnimmt die Luzerne doch dem Boden mit einer Jahreserndte nicht soviel Kali wie jener, in Bezug auf die übrigen Bestandtheile dürfte ihre Bodenerschöpfung vom Klee nicht sehr verschieden sein. In der Luzerne finden wir vorzugsweise viel Kalk und mag dies darin seinen Grund haben, dass sie meistens auf einem kalkreichen Boden gebaut wird. Da der Luzerne Gelegenheit geboten ist, mehr Kalk aufzunehmen, so ist es erklärlich, dass sie weniger Ansprüche an's Kali macht. Der Stickstoffnahrung bedarf sie in grösserer Menge, und nimmt sie auch, wie der Klee, einen grossen Theil derselben von der Atmosphäre, so hat sie aber doch gegenüber dem Klee den Vorzug, dass sie mehr Stickstoffnahrung aus dem Boden aufzunehmen vermag, aus dem Untergrunde nämlich.

Die hervorragendste Eigenschaft der Luzerne ist der Tiefgang der Wurzel und die Ernährung aus tieferen Bodenschichten, aus dem Untergrunde. Die starke Pfahlwurzel dieser Pflanze dringt gern in die Tiefe ein und wenn sie hier einen passenden Boden findet, entwickelt sie einen bedeutenden Nebenwurzelreichthum. Es gilt dies indess nur von einer Luzerne, die längere Zeit auf dem Felde verbleibt; die zweijährige Luzerne verhält sich hinsichtlich ihrer Wurzelentwicklung dem Klee gleich, vielmehr ist die Wurzelentwicklung jener lange nicht so üppig wie die des letzteren. Die Luzerne verhält sich in dieser Beziehung wie alle perennirenden rhizomlosen Gewächse; je länger sie an einem Orte sich befindet, um so tiefer dringen die Wurzeln in den Boden ein. Soll der Tiefgang der Wurzel und die üppige Entwicklung von Nebenwurzeln und Wurzelfäden möglich sein, so muss der Untergrund locker, der Luft einigermaassen zugänglich sein und ist es

ihr dann ziemlich gleichgültig, welche geognostische Beschaffenheit der Untergrund besitzt; ein kalkreicher Untergrund ist aber der beste. „Ein fruchtbarer tiefer sandiger Lehm auf Kalkunterlage, ein trockner weisser Mergelboden, ein tiefer reicher Sand, ein Mergel enthaltender Kies sind alle für die Luzerne sehr geeignet.“ (A. Young.) Der eigentliche Luzerneboden ist immer ein solcher, der, weil er sehr durchlässig ist und den Regen leicht und schnell in den Untergrund abziehen lässt, im Untergrunde eine grössere Menge aus der Ackerkrume herabgewaschene Nährstoffe enthält. Diese wieder in den Kreislauf der Culturpflanzen zu bringen, ist die Luzerne (und die Esparsette, wovon später) sehr geeignet. Derartige Bodenarten, wenn sie sonst auch dem rothen Klee zusagen, sollen deshalb von Zeit zu Zeit in einen Luzerneschlag umgewandelt werden. Ich sage in einen Luzerneschlag, weil die Luzerne, soll sie den beabsichtigten Effect hervorbringen, 5 — 7 Jahre auf demselben Felde verbleiben muss und dies nicht gut in einer Fruchtfolge möglich ist. Es wird gewöhnlich, und in neuerer Zeit besonders von Prof. Hartstein und mit Recht empfohlen, ein Theil des zu Luzerne geeigneten Gesammtareals zu einem eigenen Schlage niedergelegt und bleibt als Luzernefeld längere Zeit liegen; so in Poppelsdorf, wo das Gutsareal in 8 Schläge getheilt ist, wovon der eine 7 Jahre lang als Luzernefeld benutzt wird, dann ein anderer Schlag an die Reihe kommt. Es werden auf diese Weise allmählig die in den Untergrund hinabgewaschenen Nährstoffe wieder in Umlauf gebracht. Bis zum 5.—7. Jahre scheint die Wurzelverbreitung weiter zu schreiten, hernach nimmt sie ab, und würde alsdann auch die Entwicklung der Pflanzen zurückgehen. Wollte man die Luzerne nur 2 oder 3jährig werden lassen, würde man dem Klee gegenüber nur Nachtheil haben und die in den Untergrund hinabgewaschenen Stoffe den Culturpflanzen nicht wieder in wünschenswerther Weise zuführen.

Wenn also die Luzerne besonders auf den Untergrund angewiesen ist, so muss es die Aufgabe der Landwirthschaft sein, die Wurzeln möglichst schnell und möglichst tief in den Untergrund hinabzutreiben. Vor allem ist zu diesem Zwecke nöthig, die Wurzelentwicklung in der Ackerkrume zu befördern, um der jungen Pflanze in grösster Menge Nährstoffe zuzuführen und sie dadurch zu einer üppigen Vegetation zu veranlassen, die natürlich auch in der Wurzelentwicklung sich kund giebt. Zudem ist nöthig, einen

möglichst unkrautfreien Acker zu haben, da die Luzernepflänzchen durch Unkraut leicht erstickt werden. Ueberhaupt hat man für die gute Entwicklung der jungen Pflanze zu sorgen, weil hiervon das Wohl und Wehe des Luzernefeldes abhängt und Nutzen und Schaden sich auf viele Jahre erstrecken.

Um den oben ausgesprochenen Zweck zu erreichen, wählt man ein Feld, welches sich noch in guter Kraft befindet und durch vorhergehende Culturen (Hackfrüchte) ziemlich unkrautfrei zurückgeblieben und tief gelockert ist; am meisten eignet sich hierzu ein Kartoffelleinfeld. Zu den Kartoffeln wird stark gedüngt und möglichst tief gepflügt, hierauf folgt Lein, der durch Jätung gehörig gereinigt wird und in welchen der Klee eingesäet wird. Auch Buchweizen soll als Ueberfrucht gut anzuwenden sein, derselbe muss aber frühzeitig abgeschnitten werden; dasselbe gilt von Wicken. Wo man einen passenden Untergrund hat, die Ackerkrume aber etwas zu bindig ist, muss man eine vorzügliche Lockerung der letzteren vornehmen, eine gehörige Bearbeitung mit dem Grubber. Eine Düngung mit Stallwasser auf das junge Luzernefeld würde gewiss empfehlenswerth sein. Da aber eine gehörige Ausbildung der Pflanze im zweiten Jahre, auch eine kräftige Entwicklung der Wurzel zur Folge hat, so soll man den Schnitt nicht eher vornehmen, bis die Pflanze in voller Blüthe steht, wenigstens ist dies theoretisch anzuempfehlen, man würde also den ersten Schnitt nur zu Heubereitung schneiden. Wollte man früher schneiden, zu einer Zeit, wo die Pflanze noch in ihrer vollen Thätigkeit begriffen ist, so würde man die Assimilation zu früh aufheben und verhindern, dass grössere Mengen organischer Bildungsstoffe in die Wurzel hinabwandern und die Wurzel sich kräftig entwickelt. Der kleine Schade, den man durch dieses späte Schneiden hat, wird in den nächsten Jahren mehr wie ausgeglichen und dem Luzernefelde nur vom grössten Vortheile sein.

Die weitere Behandlung des Luzernefeldes hat ihr Augenmerk auf die Oeffnung der Oberfläche der Ackerkrume und auf die Zerstörung des Unkrautes zu richten. Ein trockner Boden, wie der Luzerneboden kann leicht zu wenig Feuchtigkeit enthalten, um die junge Pflanze gedeihen zu lassen; um dem entgegen zu arbeiten, muss man die verhärtete Kruste, wo sie sich auf dem Luzernefelde bildet, möglichst lockern, um die atmosphärischen Niederschläge schnell

eindringen zu machen und die Absorption von Wassergas zu befördern; zu diesem Zwecke wird alljährig im Frühjahr und nach dem ersten und zweiten Schnitte mit der Egge oder einem Exstirpator die Bodenoberfläche aufgerissen, wodurch gleichzeitig auch das Unkraut zerstört wird. Bei gutem Stande des Luzernefeldes ist jede Düngung überflüssig, es würde sich gewiss aber lohnen, die Entwicklung der jungen Pflanze im Frühjahre und nach dem Schnitte durch Stickstoffnahrung in Form von Stallwasser zu befördern; ebenso würde es sich empfehlen, auf einem kalkarmen Boden mit Kalk, im Allgemeinen auch wohl, wenn auch selten, mit Gyps zu düngen. Salinische lösende Agenzien, die vom Regen leicht in den Untergrund hinabgewaschen werden, würden vielleicht von Nutzen sein, weil sie im Untergrunde lösend auf die Nährstoffe wirken, Gyps, Abraumsalz, Chilisalpeter.

Das 5—6jährige Luzernenfeld lässt den Boden in einem ausgezeichneten Zustande zurück; das Hauptgewicht fällt natürlich auf die Ansammlung von Humus in der Ackerkrume, hervorgegangen aus den in grosser Menge daselbst entwickelten und zu Grunde gegangenen Wurzeln; ebenfalls hat sich Stickstoffnahrung darin angesammelt, und zwar durch Hinabwanderung proteinartiger Stoffe in die Wurzel; eine Bereicherung des Bodens an mineralischen Nährstoffen ist freilich nicht möglich. Die Stickstoffnahrung einerseits und die lösende Wirkung der aus dem Humus hervorgegangenen Kohlensäure ist bei einem guten Luzernenfelde nach 5—7jähriger Dauer einer vollen Stallmistdüngung gleich zu setzen. Zu welcher Nachfrucht das umgebrochene Luzernefeld geeignet ist, ergiebt sich aus dem Vorhergehenden. Im ersten Jahr nach der Luzerne Halmfrüchte zu bringen, ist gefährlich, weil die Ernährung besonders hinsichtlich der Stickstoffnahrung so ausgezeichnet ist, dass man Lagerfrucht erwarten muss. Hackfrüchte, Raps, Hanf, Mais, eignen sich besser hierzu.

Die Luzerne verlangt schon ein wärmeres und trocknes Klima, einen in tiefern Schichten von jedem stagnirenden Wasser freien Boden; Trockenheit schadet dieser Pflanze weniger wie den meisten andern Culturpflanzen.

Soll die Luzerne auf Aussenschlägen benutzt werden, so darf sie ebenfalls nie länger als 7 Jahre stehen; will man ein Feld beständig zu Luzerne liegen lassen, so muss sie alle 6—7 Jahre von Neuem angesäet werden.

Esparsette.

Diese Pflanze steht in den meisten Beziehungen der Luzerne gleich; sie treibt ein mächtiges Wurzelwerk in den Untergrund und wie es scheint, ist die Wurzelentwickelung eine schnellere als die der Luzerne, auch macht sie weniger Anspruch auf alte Kraft des Bodens. Die Esparsette ist die vorzüglichste Futterpflanze für den aus Kalkgesteinen bestehenden oder doch mit Kalkstein vermischten Geröll- und Schuttboden, wobei sie wenig Anforderungen an die Ackerkrume macht; es genügt ihr ein durchaus lockerer kalkreicher Untergrund. Weil, wie es scheint, die Wurzelentwicklung eine schnellere ist, bedarf die Esparsette nicht eines längeren Zeitraumes zu ihrer grössten Nutzung und Bereicherung des Bodens und kann man sie deshalb mit in die Fruchtfolge aufnehmen; ihre längste Benutzung ist 2½ bis 3 Jahre in der Fruchtfolge. In Aussenschlägen kann sie natürlich länger stehen bleiben. Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Bodenerschöpfung, sowie auch der Behandlung verhält sie sich der Luzerne gleich, nur bedarf sie keiner Ueberfrucht bei der Saat.

Einige andere Kleearten.

Wir hätten hier noch des Scharlachklees (Trifolium incarnatum) und des weissen Klees (Trifolium repens) zu erwähnen. Ueber die Zusammensetzung beider ist mir nichts bekannt, sie wird wohl von der des Rothklees nicht wesentlich abweichen; ebenso werden auch Bodenerschöpfung und Ernährungsverhältnisse jenem sich ähnlich verhalten, gleichwie die Behandlung eine nahezu übereinstimmende ist. Der Scharlachklee ist etwas schneller in der Entwicklung, deshalb früher benutzbar, wohingegen er aber nur einen schlechten zweiten Schnitt entwickelt. Der letztere Umstand ist der Grund, weshalb dieser Klee schon gleich nach dem ersten Schnitte umgebrochen wird und entweder als Brache liegen bleibt oder zu Raps, auch zu Kartoffeln, Runkelrüben und Brachrüben sofort benutzt wird, natürlich Raps und Hackfrüchte in frischer Düngung.

100 Theile lufttrockner Same des Weissklees enthalten nach Siegert:

12,5 Wasser 1,23 KO, 0,25 CO, 0,40 MgO, 1,20 PO_5, 0,17 SO_3? 4,69 N.

Hülsenfrüchte und Cerealien als Grünfuttergewächse

Futterwicken, Futtererbsen, Futterroggen, ebenfalls Mais, Weizen, Hafer u. s. w. sind Pflanzen, die ganz besonders zu der Stickstoffgruppe zu rechnen sind; bei ihnen läuft die ganze Cultur auf die Entwicklung des Stengels und der Blätter hinaus und muss die Samenentwicklung möglichst unterdrückt werden. Starke Stickstoffdüngung ist das erste Erforderniss ihrer Cultur und ist es eine nicht zu vertheidigende Methode, die Pflanzen in einen düngerarmen vielleicht gar abgetragenen Boden ohne Düngung zu bringen. In einem abgetragenen Boden wird man schon eine entsprechende Stallmistdüngung geben müssen, sonst aber Guano, in dungkräftigem Boden empfiehlt sich das häufige Befahren mit Stallwasser auf die junge Saat ganz besonders. Vielleicht wäre hier auch ein stickstoffreicher Samendünger ganz am Platze, denn ein solcher treibt die junge Pflanze zu üppiger Entwicklung.

Futterwicke. Wir besitzen eine Untersuchung ihrer Bestandtheile von Ritthausen:

In 100 Theilen frischer grüner Wicken sind enthalten*)

Wasser	Trockensubst.	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	N
80,8	19,2	0,23	0,74	0,48	0,13	1,0	0,57

Die Durchschnittserndte darf man auf 90 Ctr. annehmen und werden mit ihr dem Morgen entnommen in Pfunden

	20,7 PO_5	66,6 KO	43,2 CaO	11,7 MgO	9,0 SO_3	51,3 N
(Weizenerndte)	10,1 —	16,3 —	6,4 —	2,2 —	10,3 —	30,5—)

Kalk und Gyps werden demnach für die Futterwicke sehr vortheilhafte Beidünger sein; letzterer besonders hat sich, bei aufgehender Saat ausgestreut, sehr nützlich erwiesen. Der Kalk müsste einige Zeit vor der Saat ausgestreut werden. Kalkdüngung würde in kalkarmem Boden die Erschöpfung des Kalis und der Magnesia bedeutend verringern. Das Wickfutter erschöpft den Boden nicht wenig und hinterlässt zudem auch wenig Wurzelrückstände; es ist, wie man sieht, nicht eine so unschuldige, schonende Frucht, wie viele Landwirthe glauben. Bei stärkerer Düngung zu Wickfutter kann wohl eine Halmfrucht folgen, wo aber kein Dünger gegeben wurde, ist keine Nachfrucht ohne Düngung von besonderem

*) Der Kohlensäuregehalt der Asche ist zu 15 Procent angenommen, die Schwefelsäure nach andern Angaben berechnet.

Erfolge. Selbstverständlich ist hier nur von Wickfutter die Rede, welches in der Blüthe geschnitten wird, reife Wicken erschöpfen den Boden weniger.

Um einige Anhaltspunkte zur Berechnung der Erschöpfung der übrigen der genannten Pflanzen zu bieten, stelle ich die procentische Zusammenstellung nach vorliegenden Angaben zusammen. Erbsen nach Ritthausen*), Roggen nach Schulz-Fleth**), Weizen nach Wolf (Winterigelweizen), Hafer nach Brand (I)***) und nach Wolf (II.), die Cerealien in der Periode des Schossens geerndtet.†)

	Wasser	Trocksubst.	PO_5	KO	CaO	Mgo	SO_3	SiO_3	N
Erbsen .	79,5	20,5	0,19	0,57	0,40	0,12	0,10	—	0,58
Roggen .	78,0	22,0	0,33	0,91	0,19	0,07	0,10	0,27	?
Weizen .	78,0	22,0	0,17	0,63	0,11	0,04	0,10	0,89	0,62
Hafer I.	78,0	22,0	0,10	0,50	0,14	0,04	0,08	0,26	0,41
Hafer II.	82,7	17,3	0,13	0,58	0,09	0,03	0,08	0,30	0,42

Erbsen werden selten zu Grünfutter benutzt. Futterroggen dürfte bei Stallmistdüngung oder bei tüchtigem Befahren mit Stallwasser 90 Centner pro Morgen liefern, Weizen ebenfalls, Hafer gewiss unter günstigen Düngungsverhältnissen 100 Centner; es würde demnach von den genannten Pflanzen mit einer Erndte dem Boden entzogen:

	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
Roggen . .	21,7	81,9	17,1	6,3	9,0	24,3	?
Weizen . .	15,3	56,7	9,9	3,6	9,0	80,1	55,8
Hafer I. . .	10,0	50,0	14,0	4,0	8,0	26,0	41,0
Hafer II. .	13,0	58,0	9,0	3,0	8,0	30,0	42,0
(Weizen reif)	10,1	16,3	6,4	2,2	10,3	—	30,5

Was von einem Boden zu halten ist, der solche Erndten getragen hat, ist aus den vorstehenden Zahlen ersichtlich; dass sie in einem Boden, welcher keine Düngung zu denselben bekommen hat, einen Ausfall in der nachfolgenden Erndte hervorrufen können, ist nicht zu bezweifeln, es sei denn, dass der nachfolgenden Frucht wieder eine reichliche Düngung gegeben werde. Vergleicht man

*) Asche mit 15 Procent Kohlensäure berechnet.
**) Wassergehalt zu 78 Procent angenommen.
***) Wassergehalt zu 78 Procent angenommen.
†) Die Schwefelsäure ist nach anderem Verhältnisse berechnet.

die Erschöpfung bei grün geerndteten und reifen Getreidepflanzen, so könnte es auffallend erscheinen, dass jene den Boden mehr erschöpfen als diese; die Sache hat aber ihre Richtigkeit, denn bei der reifen Pflanze bleiben die Blätter auf dem Acker zurück und damit werden demselben eine grosse Menge von Mineralstoffen zurückgegeben. Die Düngungs- und Ernährungsverhältnisse der in Rede stehenden Pflanzen sind denjenigen der Wicken, überhaupt den Pflanzen der Stickstoffgruppe gleich und brauche ich hier nicht mehr darauf einzugehen.

Spergel (Spergula arvensis).

Für den leichten Sandboden, auf welchem der Klee kein Gedeihen mehr findet, ist der Ackerspergel eine der wichtigsten Futterpflanzen. Auf dem trockensten Boden, wenn nur die junge Pflanze sich ordentlich entwickelt hat, kommt sie fort, beschattet den Boden stark und erhält ihm die Feuchtigkeit, zerstört bei gutem Stande die Unkräuter und ernährt sich leicht. Sie ist offenbar mit zu jenen Pflanzen der Stickstoffgruppe zu rechnen, die einen grossen Theil des Stickstoffs der Atmosphäre entnehmen, besonders wenn sie grün und ohne Besamung geschnitten wird. Von besonderem Vortheil für die Sandländer ist ihre kurze Vegetationsperiode; diese macht es möglich, zwischen zwei Winterhalmfrüchten noch eine reichliche Futtererndte zu gewinnen. In Brachland wird sie zwar seltner gesäet, doch ist ihr Ertrag alsdann ein grösserer und kann zur Reife gelangen. (Heu- und Samengewinnung.)

Dass also der Spergel wahrscheinlich grössere Nährstoffbedürfnisse hat, ist nicht zu bezweifeln, doch scheint seine Bewurzelung eine leichte Ernährung möglich zu machen. Vor Allem ist es nöthig, die Entwicklung der jungen Pflanze zu befördern und ist dies um so nöthiger, als sie (da zu ihr nicht gedüngt wird) einen stickstoffarmen Boden findet und als junges Pflänzchen nicht besonders den Stickstoff der Atmosphäre aufzunehmen vermag. Es dürfte sich demnach eine schwache Guanodüngung kurz vor oder bei der Saat, oder auch auf die jungen Pflanzen oder eine mehrmalige Stallwasserdüngung auf die jungen Pflanzen empfehlen; auch Gyps und Asche würde einen guten Erfolg nicht verfehlen, da gerade im Sandboden die Schwefelsäure am ehesten und auch leicht das Kali mangelt. Die Düngung bei dieser für die Wirthschaft so äusserst

wichtigen Pflanze zu vernachlässigen, wäre gewiss eine verfehlte Sparsamkeit. Um die junge Saat vor dem Vertrocknen zu schützen, besonders wenn sie als Zwischenfrucht angebaut wird, darf man das Stoppelfeld nur flach pflügen, am besten wird es mit dem Schälpfluge bearbeitet, und muss der Same in einen möglichst befestigten Boden kommen, aus dem die noch vorhandene Feuchtigkeit nicht zu schnell verdunstet. Die Wurzelrückstände sind wohl nicht sehr bedeutend, aber immer noch reich genug, um der nachfolgenden Saat durch ihren Humus und ihre Stickstoffnahrung von wesentlichem Vortheile zu sein. Selbstverständlich kann keine Nachfrucht ohne Düngung ein rechtes Gedeihen finden. Ueber die procentische Zusammensetzung ist nichts Genügendes bekannt.

Hopfen.

Diese Pflanze erzeugt hauptsächlich Stengel und Blätter, die indess öconomisch nicht verwerthet werden; das Erndteproduct, die Blüthenorgane, Dolden oder Blüthenzapfen, bilden der Masse nach den kleinsten Theil der Pflanze. Es ist wohl selbstverständlich, dass die Entwicklung von Stengeln (Ranken) und Blättern eine vollkommene sein muss, um eine reiche Erndte an Blüthen zu geben; so gross aber auch die Masse der Blätter und Ranken sein mag, so ist die Hopfencultur doch nicht sehr angreifend, wenn nur dafür gesorgt wird, dass Ranken und Blätter dem Boden verbleiben, wie dies geschieht, wenn dieselben zerhackt in Composthaufen gebracht und der Compost hernach wieder zur Düngung des Hopfengartens benutzt wird. Durch die Erndte werden dem Boden nicht viele Nährstoffe entführt, wie die nachfolgenden Zahlen beweisen:

100 Pfd. lufttrockne Hopfendolden enthalten, zu 12 Procent Wasser berechnet,

1,39 PO_5, 2,54 KO 0,77 CaO 0,38 MgO 0,41 SO_3, 1,15 SiO_3,

Eine mittlere Erndte pro Morgen liefert etwa 5 Ctr. Dolden, welche enthalten würden in Pfunden:

7,0 PO_5, 12,7 KO, 3,9 CaO 2 MgO 2 SO_3, 5,8 SiO_3

(Stöckardt giebt als Mittelerndte 4 Ctr. an mit 23 PO_5 40 KO 62 CaO und MgO 30 SiO_3, offenbar beruhen diese Zahlen auf einem Irrthum. Way fand in 100 trocknen Dolden 9 Asche und in 100 Asche 31,7 KO 4,8 MgO 9,6 CaO 17,3 PO_5 5,1 SO_3 und 19,2 SiO_3, Watts fand 6,5 Asche und in 100 Asche 17 KO 5,34 MgO 14,15 CaO 14,6 PO_5. Nimmt man den Wassergehalt der lufttrocknen Dolden zu 12 Procent an, so ergeben sich nach Way die oben von mir berechneten Zahlen.)

Da der Hopfen bis zu 20 Jahren andauert, so treibt er ein mächtiges Wurzelwerk in den Untergrund und entzieht diesem

einen grossen Theil der nöthigen Nährstoffe; noch mehr wird die Ernährung aus dem Untergrunde dadurch befördert, dass im Frühjahre die stärkeren Nebenwurzeln in der obern Schicht der Ackerkrume abgeschnitten werden. Ob das letztere Verfahren gerechtfertigt ist, ob die prüfende Erfahrung sich dafür ausgesprochen hat, will ich dahingestellt sein lassen. Welcher Boden sich zum Hopfenbau besonders eignet, kann keinem Zweifel unterliegen; der Untergrund muss eine Beschaffenheit haben, dass die Wurzeln leicht in ihn eindringen können. Im Uebrigen empfiehlt sich ein milder warmer Lehmboden am meisten; indess kommt er auch noch auf einem schwereren Lehmboden und auf thonreichem Sande gut fort. Stagnirendes Wasser im oberen Untergrunde lässt den Hopfenbau nicht zu.

Bei der Anlage eines Hopfengartens hat man darauf zu sehen, dass die Ackerkrume möglichst tief und gut gelockert wird. Man wählt deshalb ein Feld, welches mit Hackfrüchten im Jahre vorher bestellt war.

Eine schnelle Entwicklung der Wurzel und das schnelle Hinabgehen in den Untergrund ist bei der Anlage von Hopfengärten besonders im Auge zu halten; es werden zu diesem Zwecke die zur Aufnahme der Stecklinge (Fexer) gegrabenen Löcher zum Theil mit kurzem verrotteten Miste oder, was sich mehr empfehlen würde, mit Compost ausgefüllt, die Mist- oder Compostschicht mit einer Schicht Erde bedeckt und die darauf gesetzten Fexer mit Erde locker umgeben. Die Pflanze entwickelt sich nun schnell und bildet organische Bildungsstoffe genug, um die Entwicklung der Wurzeln in jeder Beziehung zu fördern. Im weiteren Verlauf der Entwicklung, vom zweiten Jahre an, wird um jeden Stock etwas Mist gelegt und mit Erde bedeckt; es dürfte sich wohl auch eine nicht zu concentrirte flüssige Düngung an die Stöcke empfehlen. Wenn die Ranken und Blätter dem Boden verbleiben, so bedarf derselbe keiner besonders starken Düngung, und dürfte eine Zwischenpflanzung von Runkelrüben, Kohlrabi und dergl. ohne Düngung und Erschöpfung des Bodens zulässig sein. Man muss bedenken, dass der Hopfen aus dem Untergrunde eine grössere Menge mineralischer Stoffe herauf holt, die in Form von Blättern und Ranken alljährlich der Ackerkrume zu Gute kommen.

Wärme und Licht sind zwei Haupterfordernisse des Hopfens. Ein warmes, trocknes Klima sagt dem Hopfen allein nur zu; bei

weniger warmem fast als trocknem Klima muss man möglichst südlich exponirte Abhänge dazu benutzen und darf man auch hier noch auf eine gute Quantität und Qualität rechnen. Die Entwicklung der Blüthenorgane und des Aroms derselben erfordert möglichst viel Licht, weshalb die Stöcke möglichst weit auseinander stehen und im Sommer entblattet werden und den Sonnenstrahlen Zugang geschaffen wird. Mehr wie 2 oder 3 Ranken jedem Stocke zu belassen, würde nicht gut sein, weil bei mehr Ranken die einzelnen sich nicht vollkommen ausbilden und nicht reichlich blühen würden, auch die Blattmasse zu gross und der Lichtzutritt zu sehr verhindert würde.

Das ausgerottete Hopfenfeld ist so reich an Nährstoffen, dass mehrere Erndten hintereinander ohne Düngung davon genommen werden können und selbst Kartoffelerndten.

II. Kaligruppe.

Runkelrüben.

Der obere Theil der Pfahlwurzel entwickelt sich fleischigt und Kohlenhydrate (Zucker) und eiweissartige Stoffe häufen sich daselbst an. Die Blätterentwicklung muss eine üppige sein, soll der Rübenkörper sich in wünschenswerther Weise ausdehnen und der Zellsaft daselbst möglichst zuckerreich werden. Von den Nährstoffen der Runkelrübe steht Kali in erster Reihe, dann folgen Phosphorsäure und Schwefelsäure. Die nachfolgenden Zahlen werden die procentische Zusammensetzung nach verschiedenen Analytikern angeben.

100 Theile frische Substanz der Runkelrüben enthält:

	Wasser	Trocks.	KO	CaO	MgO	PO_5	SO_3	N	
in d. Rüb.	82,2	17,8	0,30	0,04	0,07	0,12	0,06	0,36	Brett-
in d. Blätt.	79,3	20,7	0,77	0,70	0,63	0,35	0,32	0,62	schneider.
in d. Rüb.	82,0	18,0	0,37	0,03	0,02	0,07	0,03	0,21	Karmrodt.
in d. Blätt.	86,8	13,2	0,83	0,20	0,03	0,15	0,06*)	0,43	
in d. Rüb.	90,0	10,0	0,44	0,05	0,03	0,10	0,03	0,11	Wolf.
in d. Blätt.	91,8	8,2	0,48	0,16	0,20	0,07	0,15	0,28	

Die Zusammensetzung der Rüben stimmt ziemlich gut überein, hingegen ist bei den Blättern eine sehr bedeutende Abweichung zu bemerken.

---

*) Die Schwefelsäure ist nach andern Angaben berechnet (nach Sorby).

Brettschneider hat auf einem Morgen annähernd geerndtet 190 Ctr. Rüben und 40 Ctr. Blätter, Karmrodt 150 Ctr. Rüben und 40 Ctr. Blätter, Wolf 275 Ctr. Rüben und 110 Ctr. Blätter. Letztere waren Futterrüben, erstere beiden Zuckerrüben; Fresenius giebt als Mittelertrag des Morgens 150 Ctr. Rüben und 37,5 Ctr. Blätter an.

1 Morgen Land würde abgeben zu diesen Erndten in Pfunden:

	KO	CaO	MgO	PO_5	SO_3	N	
in d. Rüb.	56,7	8,3	13,5	22,9	11,4	68,4	Brettschneider.
in d. Blätt.	33,8	27,2	24,6	13,7	12,5	25,6	
in Summa:	90,5	35,5	38,1	36,6	23,9	94,0	
in d. Rüb.	55,5	4,5	3,5	10,8	4,1	31,5	Karmrodt.
in d. Blätt.	33,3	8,0	1,4	5,8	2,6	17,2	
in Summa:	88,8	12,5	4,9	16,6	6,7	48,7	
in d. Rüb.	121,0	13,8	8,3	27,5	8,3	30,3	Wolf.
in d. Blätt.	52,8	17,6	22,0	7,7	16,5	30,8	
in Summa:	173,8	31,4	30,3	35,2	24,8	61,1	
in d. Rüb.	55,7	10,0	6,3	8,6	3,8	48,3	Fresenius.
in d. Blätt.	17,1	7,1	2,5	2,1	3,8	?	
in Summa:	72,8	17,1	8,8	10,7	7,6	?	
(Weizenerndte	16,3	6,4	2,2	10,1	10,3	30,5)	

So verschieden wie die Erndtemengen sind, so verschieden ist natürlich auch die Erschöpfung des Bodens; in jedem Falle aber verliert der Boden eine ausserordentlich grosse Menge Kali und nicht unbeträchtliche Mengen Phosphorsäure, am meisten Nährstoffe scheint der Boden durch Futterrunkelrüben zu verlieren. Kalireichthum des Bodens ist unbedingtes Erforderniss für den Rübenbau, und um so mehr, als gerade mit dem Kali auch der Zuckerreichthum der Rüben steigt (Vergl. S. 309). Die Bewurzelung der Rüben ist keine sehr reiche und müssen deshalb die Nährstoffe in reichlicher Menge zur Auflösung kommen und muss die Concentration der Bodenlösung eine beträchtliche sein; es müssen dem Boden Stoffe gegeben werden, welche lösende Agenzien in Menge liefern, Humus, Stalldüngung. Wo der Boden nicht reich an Kali ist, soll man durch Aschendüngung, Schlempekohle aus den Zuckerfabriken, die Wirkung der Stallmistdüngung erhöhen. Eine Zugabe von Knochenmehl oder Superphosphat wird sich ebenfalls lohnen, da der Verbrauch an Phosphorsäure nicht unbeträchtlich ist. Um so mehr ist alles dies nöthig, wenn die Rüben schnell

aufeinander folgen und dem Boden in so grosser Menge Kali und Phosphorsäure entzogen wird. Wenn ein Boden rübenmüde wird, so braucht man sich nicht lange nach der Ursache umzusehen.

Die Runkelrüben lieben einen leicht bis zu grösserer Tiefe lockerungsfähigen Boden, der aber so bindig ist, dass er nicht leicht ausdörrt, leichter Thonboden und kräftiger Lehmboden besonders. Nasser Boden oder solcher, der nicht leicht ein Uebermaass von Feuchtigkeit verliert, ist zu verwerfen, weil die Rüben zu wässerig werden und zu wenig Zucker produciren. Ein humusreicher Thon- und Lehmboden sagt den Rüben besonders zu, weil in ihm sich eine höhere Concentration der Nährstofflösung erzeugt und derselbe in der Regel auch reich an Stickstoffnahrung ist. Ein wärmeres Klima, vor allem aber eine längere Vegetationsperiode, frühzeitige Wärme im Frühjahre und ein milder trockner Herbst geben die höchsten Erträge an Rüben (Zuckerrüben) und Zucker.

Neben den aus den Nähten der Rübe hervorwachsenden Nebenwurzeln erzeugt auch die zur normalen Gestalt zurückgekehrte Pfahlwurzel Nebenwurzeln, und um die Entwicklung derselben zu befördern, hat man nicht nur den Boden in der obern Schicht der Ackerkrume gut zu lockern, sondern auch diese Operation auf die tiefere Schicht der Ackerkrume, in welcher sich die Nebenwurzeln der Pfahlwurzel ausbreiten, auszudehnen. Bodenlockerung ist das Haupterforderniss des Rübenbaues: üppige Wurzelentwicklung und Nährstofflösung sind davon bedingt. Je schneller sich die junge Pflanze entwickelt, um so früher ist sie am Assimiliren und bildet sich um so früher aus; je länger sie aber assimiliren kann, um so mehr organische Stoffe erzeugt sie, um so mehr Zucker häuft sich in dem Rübenkörper an. Der jungen Pflanze muss also viel Stickstoffnahrung zu Gebote stehen, wie dies in dem reichlich mit Stallmist gedüngtem Boden der Fall ist; es erklärt sich hieraus auch die günstige Wirkung des Guano. Viel Stickstoffnahrung in Begleitung von zureichender Schwefelnahrung erzeugt eine grössere Blattmasse und mit dieser vermehren sich die Assimilationsorgane. Mit den Blättern nimmt man aber die Assimilationsorgane und es erklärt sich daraus die grosse Schädlichkeit der Entblattung. Um die Erzeugung von lösenden Agenzien und die Lösung der Nährstoffe möglichst zu befördern, muss eine gute Durchlüftung des Bodens durch häufige Lockerung der verhärteten Oberfläche des Feldes erhalten werden; das Behacken ist deshalb und weil gleich-

zeitig auch die Unkräuter dadurch zerstört und bei trockner Witterung die atmosphärische Feuchtigkeit leichter eindringen kann, eine den Rüben so vortheilhafte Operation.

Die jungen Pflanzen leiden sehr durch Kälte und kann deshalb die Aussaat in vielen Gegenden erst spät vorgenommen werden; hier empfiehlt es sich besonders, die schnelle Entwicklung der Pflanze herbeizuführen. Wärmere Gegenden, in welchen Spätfröste nicht mehr zu befürchten sind, bleiben aus dieser Ursache die eigentliche Heimath der Zuckerrübencultur. Die Assimilation und vorzüglich die Zuckerbildung dauert da, wo der Herbst warm oder doch das Tagesmaximum noch ein höheres ist, lange fort; unter derartigen Wärmeverhältnissen ist aber auch die Wanderung der organischen Stoffe aus den Blättern nach dem Rübenkörper eine beträchtliche: bei trockner Witterung kann man also die Rüben nicht lange genug auf dem Felde lassen, so lange wie die Blätter noch nicht gelb geworden sind, assimiliren sie, und selbst aus den gelben Blättern wandern die organischen Stoffe noch in den Rübenkörper; leichtere Nachtfröste bei sonst trockner Witterung schaden den Rüben nicht.

Wenn auch die Rüben dem Boden eine grosse Menge Nährstoffe entziehen, so ist doch die Düngung in der Regel so stark, dass dem Boden noch Nahrung genug für eine, selbst zwei Halmfruchterndten verbleibt. Das Wurzelterritorium der Rübe ist nicht gross, d. h. sie hat keine bedeutende seitliche Verbreitung der Wurzel, die Rüben werden in gewisser Entfernung gepflanzt, und zwar so, dass die Wurzelterritorien nicht in einander übergehen, und dadurch ist der Boden nicht gleichmässig erschöpft, die zwischen den Wurzelterritorien liegenden Bodenpartieen sind noch reich an Nährstoffen. Eine gute Vermischung des Rübenfeldes, der erschöpften und der nicht angegriffenen Bodenpartieen, wird der nachfolgenden Frucht von besonderem Vortheile sein. Zudem ist das Rübenfeld tief gelockert, die Wurzeln der nachfolgenden Früchte können leicht und tief eindringen und die Ernährung ist dadurch sehr erleichtert. Eine besondere Erschöpfung erleidet der Humus; durch die häufige Behackung und die dadurch hervorgerufene gute Durchlüftung wird der Humus in höherem Maasse zersetzt als bei anderen Früchten; ein an sich humusarmer Boden kann in Folge dessen leicht an Humus und lösenden Agenzien für die absorbirten Nährstoffe Mangel leiden und wo ein Mangel an

Kohlensäure im Boden eintritt, fehlt es den Halmfrüchten, welche ja die Kohlensäure aus dem Boden aufnehmen müssen, um reiche Erndten zu liefern, an einem der wichtigsten Nährstoffen. Ganz verwerflich ist es, auf einem an sich nicht humusreichen Boden, die Rübenblätter ebenfalls mit von dem Felde wegzuführen, da dieselben, untergepflügt, noch eine beträchtliche Menge Humus und Kohlensäure sowie Stickstoffnahrung geben. Ueberhaupt ist es ein verderblicher Gebrauch, die Rübenblätter, die ohnehin ein sehr schlechtes Viehfutter sind, mit zu erndten; man entzieht dem Boden dadurch eine sehr beträchtliche Menge Nährstoffe, und macht die Rübencultur im höchsten Grade erschöpfend; mit den Blättern entzieht man dem Boden eben soviel Phosphorsäure, Schwefelsäure, Magnesia und Kalk und eine weit beträchtlichere Menge Kali als mit einer Weizenerndte. Eine Wirthschaft, die für gewöhnlich nicht soviel Futter erzeugt, dass sie noch auf die Verfütterung der Rübenblätter angewiesen ist, darf gewiss keinen Anspruch auf Intelligenz machen.

Ueber die Stellung der Rüben in der Fruchtfolge ist nicht viel zu sagen, sie müssen mit ihrem grossen Bedarf an Nährstoffen und besonders an Humus und Stickstoff in erster Reihe der Düngung gebracht werden.

Weisse Rüben (Brassica).

Dieselben werden sowohl in die Brache oder in erster Reihe in der Fruchtfolge gebaut, als auch als Zwischenfrucht benutzt. In England vorzüglich ist Brachrübenbau (Turnips) zu Hause. Auf dem Continente findet man ihn seltener, am häufigsten noch werden in das Rapsfeld Rüben gesäet. In Belgien, Holland, am Rhein u. s. w. ist der Stoppelrübenbau eine tägliche Erscheinung; man schiebt sie zwischen Wintergetraide einerseits und Sommergetraide, Lein, Pferdebohnen, Grünwicken, selbst Kartoffeln andererseits.

100 Theile frischer Substanz der Brachrüben (Turnips) enthalten I. nach Anderson (englische Turnips), II. nach Wunder (deutsche Turnips):

		Wasser.	Trockensubst.	KO	CaO	MgO	PO_5	SO_3	N
I.	in d. Rüben	90,5	9,5	0,56	0,24	0,10	0,20	0,26	0,19
	in d. Blättern	88,5	11,5	0,29	0,13	0,26	0,21	0,26	0,38
II.	in d. Rüben	91,6	8,4	0,41	0,79	0,04	0,15	0,12	0,34
	in d. Blättern	86,3	13,7	0,30	0,51	0,09	0,21	0,12	0,74

100 Theile frischer Substanz der Stoppelrüben enthalten nach Karmrodt:

	Wasser	K O	Ca O	Mg O	PO_5	SO_3	N
in den Rüben	89,6	0,24	0,08	0,04	0,07	0,06	0,12
in den Blättern	88,9	0,41	0,20	0,02	0,14	0,05	0,33

Nach den Turnips-Erndten in England würden auf den preuss. Morgen durchschnittlich 300 Centner Rüben und 90 Centner Blätter kommen; als Maximum sollen 400 Ctr. Rüben geerndtet werden. Nach Raps kann man durchschnittlich 125 Ctr. Rüben und 40 bis 50 Ctr. Blätter rechnen. Stoppelrüben bringen hingegen nur 60 bis 70 Ctr. Rüben, aber 90—100 Ctr. Blätter per preuss. Morgen.

Demnach werden mit der Erndte dem Morgen entzogen in Pfunden:

		K O	Ca O	Mg O	PO_5	SO_3	N
Turnips nach Anderson's Analyse.	in d. Rüben	168	72	30	60	78	57
	in d. Blättern	26	12	23	19	23	34
	in Summa:	194	84	53	79	101	91
Brachrüben nach Wunder.	in d. Rüben	51	99	5,0	20	15	43
	in d. Blättern	15	26	4,5	10,5	6	30
	in Summa:	66	125	9,5	30,5	21	73
Stoppelrüben nach Karmrodt.	in d. Rüben	17	5,6	2,8	4,9	4,2	8,4
	in d. Blättern	41	20,0	2,0	14,0	5,0	33,0
	in Summa:	58	25,6	4,8	18,9	9,2	41,4
(Weizen		16,3	6,4	2,2	10,1	10,3	30,5)

Die Turnips in die Brache gebaut, erschöpfen also den Boden noch stärker als die Runkelrüben und ist es besonders Kali, Phosphorsäure und Kalk, welche in grösster Menge entzogen werden, aber auch die Stoppelrüben entnehmen dem Felde eine beträchtliche Menge pflanzlicher Nährstoffe und wer dieselbe in einem schon angestrengten Boden ohne irgend welche Düngung bauen will, wird eben so sehr sich verrechnen wie derjenige, der in einem noch dungkräftigen Boden nach den Stoppelrüben ohne Düngung noch eine Nachfrucht bauen will. Die Brachrüben eröffnen in England in der Regel den Fruchtwechselumlauf und wird zu ihnen tüchtig mit Stallmist gedüngt; die Erfahrung hat diesen Turnipsbauern gezeigt, dass die Rübe ein grosses Kalkbedürfniss hat, weshalb man sehr häufig den Boden mergelt oder kalkt oder den Stallmist mit Mergel untermischt. Bei dem grossen Phosphorsäurebedürfniss der Turnips ist es erklärlich, dass Superphosphat oder Knochenmehl so ausgezeichnete Wirkung hat. Sollen die

Rüben in die Rapsstoppel gesäet werden, so würde man den Boden viel zu sehr erschöpfen, wollte man nicht düngen, und würde neben einer schwachen Stallmistdüngung sich vorzüglich eine starke Aschendüngung, oder sonstige kalireiche Düngung mit Zusatz von phosphorsaurem Kalke oder besser mit Superphosphat lohnen. In den Rheingegenden, in Belgien u. s. w. hat die Stoppelrübe eine so grosse Bedeutung in der Wirthschaft, dass es vollständig ungerechtfertigt erscheint, sie als Aschenbrödel zu behandeln und sie in einem vielleicht schon sehr angestrengten Boden der Natur zu überlassen. Am besten ist es jedenfalls die Stoppel unterzupflügen, wenn auch nicht tief, damit dem Boden der Humus und Stickstoff der Stoppeln zu Gute komme, die nach einer Wintergetraideerndte in einem an sich nicht allzu reichen Boden ohnedem leicht in zu geringer Menge zugegen sind. Ein einfaches Brechen des Feldes und Abeggung der Stoppeln und sonstiger Rückstände dürfte sich gewiss nicht empfehlen. Vor der Saat befahre man das Feld tüchtig mit Stallwasser, oder scheue selbst nicht die Ausgabe für eine schwache Guanodüngung, es wird sich dieselbe sehr gut bezahlt machen. Die junge Pflanze einige Tage vor dem Eggen befahre man ebenfalls noch einmal mit Stallwasser. Ganz besonders lohnt sich eine Düngung mit Asche neben zweimaliger Stallwasserdüngung; ich habe von diesem Verfahren eine ausgezeichnete Wirkung gesehen. Man vergesse nicht, dass ich auf die gute Entwicklung und reiche Erndte der Stoppelrüben ein grosses Gewicht lege, da sie für die Wirthschaft von bedeutendem Vortheile ist. Will man erndten, so muss man natürlich auch düngen und ist es dann wohl gleichgültig, ob ich zu Stoppelrüben oder zu anderen Futtergewächsen dünge, die Stoppelrüben haben aber gegen viele andere Futtergewächse den Vorzug, dass sie nur eine Zwischenfrucht bilden und im Umlauf die übrigen Früchte nicht kürzen.

Die Brachrüben verlangen einen gut und tief gelockerten Boden; schwerer Boden muss zu diesem Zwecke mit Grubber und Pflug häufig bearbeitet werden. Der Boden, mag er mit Brach- oder Stoppelrüben bestellt sein, muss der Luft möglichst zugänglich und unkrautfrei sein; es wird zu diesem Zwecke die Brachrübe gedrillt und mehrere mal behackt, die Stoppelrüben dagegen werden, wenn sie handlang sind, einige mal mit scharfer Egge gehörig durchgeeggt. Bei letzterer Methode werden zwar viele

Rüben zerstört, es schadet dieses aber nicht, da ein zu dichter Stand der Rüben der Entwicklung und dem Ertrage sehr schadet. Es scheint mir, dass das Eggen der Stoppelrüben und ihre breitwürfige Saat gegen die Drillsaat nicht zurücksteht; der einmal gehörig durcheggte Boden bleibt unter beschattenden Pflanzen doch geöffnet genug, der Boden schliesst sich hierbei so leicht nicht und es kommen die Unkrauter so leicht nicht auf wie bei der Drillcultur. Will man Stoppelrüben auf Sandboden bauen, so ist ohne Stallmistdüngung nichts zu erreichen.

In England folgt auf die Turnips gewöhnlich Gerste und zwar ohne neue directe Düngung, dagegen erhält der Boden eine Pferchdüngung. Man lässt nämlich die Rüben auf dem Felde von Schafen und Rindvieh abfressen und da nun die Thiere Tag und Nacht auf dem Felde bleiben, geht kein Dünger verloren. In manchen Wirthschaften lässt man nur einen Theil abfressen, erndtet einen anderen Theil, welcher auf andere Felder, zuerst auf den für Weizen bestimmten Schlag gebracht und hier von Schafen und Rindvieh gefressen und auf diese Weise dem Boden eine Pferchdüngung gegeben wird. Auf die Stoppelrüben folgt am häufigsten Sommergetraide, auch wohl Lein. Ist zu den Rüben nicht gedüngt worden (durch Stallwasser, Guano, Asche u. dgl.), so muss man auf einen um so bedeutenderen Ausfall in der Erndte rechnen, als die Stoppelrübenerndte reicher war. Sollen Kartoffeln darauf folgen, so muss zu diesen natürlich reichlich gedüngt werden.

Möhren (Daucus carota).

Ueber ihre Zusammensetzung ist uns nur eine vollständige Arbeit von Brettschneider bekannt und zwar bezieht sich dieselbe auf die weisse grünköpfige Riesenmöhre. Die gewöhnliche Möhre dürfte nicht sehr abweichen.

100 Theile frischer Substanz enthalten:

	Wasser.	Trockensubst.	K O	Ca O	Mg O	P O_5	S O_3	N	Na O
in den Rüben	89.2	10.8	0,20	0,08	0,04	0,10	0,02	0.11	0,18
in den Blättern	82,3	17,7	0,38	0,72	0,18	0,18	0,27	—	0,69

Brettschneider erndtete auf dem Morgen 172 Ctr. Rüben und 58 Ctr. Blätter, Schwerz gibt als Ertrag der gewöhnlichen Möhre an 170 Ctr. Rüben 60 Ctr. Blätter.

Nach Brettschneider werden dem Morgen mit einer Erndte entzogen in Pfunden:

in d. Blättern	22.3 K O	41,7 Ca O	10.2 Mg O	9,7 P O_5	14,8 S O_3	40,0 Na O
n d. Rüben	34.1 „	12,9 „	7.2 „	16,8 „	3,9 „	30,2 „
in Summa:	56,4	54,6	17,4	26,5	18,7	70,2

Zu den Möhren muss in jedem Falle eine Stallmistdüngung gegeben werden; im Uebrigen verhalten sie sich, was Nährstoffbedürfniss und Düngung anbetrifft, den rübenartigen Gewächsen gleich. Ein leichter Lehmboden, ein kräftiger Mergelboden sagt den Möhren am meisten zu; schwerer Lehmboden und Thonboden müssen vor allen Dingen gut und tief gelockert werden; überhaupt ist die tiefere Lockerung in den meisten Fällen nöthig und ist das Pflugspaten und Zweifuhren bei den Möhren wohl am längsten im Gebrauch, dürfte heut zu Tage durch den Untergrundpflug zu ersetzen sein.

Der Möhrensame liegt lange im Boden; dabei bietet sich den leichter keimenden Unkrautsamen Gelegenheit, schneller aufzugehen und die jungen Möhrenpflänzchen zu ersticken; es ist deshalb eine sorgfältige Jätung die Hauptaufgabe des Möhrenbaues. Man wird indess diesem Uebelstande und besonders in einem trocknen Frühjahre, in welchem die Verunkrautung am bedeutendsten ist, viel abhelfen, wenn man die Samen vor der Saat einweicht. Sie gehen dadurch schneller auf und ersticken das junge Unkraut. Vielleicht würde es von Nutzen sein, einige Tage vor der Jätung das Möhrenfeld zu begüllen, was nicht nur bei trocknem Wetter das Jäten erleichtert, sondern auch das Wachsthum befördert und es möglich macht, dass unter den beschattenden Möhren neues Unkraut nicht aufgeht. Um das Jäten zu erleichtern und ein Behacken möglich zu machen, haben einige Landwirthe die Reihensaat empfohlen; doch scheint dieselbe den nachfolgenden Früchten nicht sehr förderlich zu sein, weil in dem gelockerten Boden der Humus zu schnell verzehrt wird.

Aus derselben Ursache, die bei den Runkelrüben besprochen wurde, ist es auch bei den Möhren von Vortheil, sie so lange wie möglich auf dem Felde zu lassen; es wandern dann die in den Blättern enthaltenen organischen Stoffe besser und in grösserer Menge in den Rübenkörper.

Nach den Möhren kann eine Sommerhalmfrucht eine gute Erndte liefern, ebenso auch der Lein, besonders wenn zu den Möhren stark gedüngt wurde.

Kartoffeln.

In 100 Theilen frischer Substanz ist nach Wolf enthalten:

	Wasser.	Trockensubst.	KO	CaO	MgO	PO_5	SO_3	N
in dem Kraut	77,7	22,3	0,03	0,53	0,29	0,06	0,06	0,47
in den Knollen	84,6	15,4	0,35	0,02	0,04	0,13	0,08	0,38

Wolf erndtete 129 Ctr. Knollen und 41 Ctr. frisches Kraut auf dem Morgen, in vielen Gegenden ist ein Mittelertrag aber bedeutend höher. Wolf's Erndte entnahm dem Morgen Land in Pfunden:

in den Knollen	45,2 KO	2,6 CaO	5,3 MgO	17,3 PO_5	10,8 SO_3	49 N
in dem Kraut	1,2 „	21,8 „	11,9 „	2,6 „	2,6 „	19 „
in Summa:	46,4	24,4	17,2	19,9	13,4	68

Die Zusammensetzung der Knollen stimmt mit anderen Analysen ziemlich gut überein. in Bezug auf Stroh ergeben sich aber sehr bedeutende Abweichungen. Ich stelle den Procentengehalt des lufttrocknen Strohes (zu 12 Proc. Wasser) an Mineralstoffen nach Wolf und Way nebeneinander:

nach Wolf	0,11 KO	2,10 CaO	1,15 MgO	0,25 PO_5 0,25 SO_3
nach Way	1,25 „	4,00 „	0,65 „	0,24 „ 0,55 „

Nach Fresenius wird einem Morgen Land in Pfunden entzogen:

i. d. Knoll.	50,2 KO	3,3 CaO	8,6 MgO	14,0 PO_5	6,9 SO_3	5,5 SiO_2	42 N
i. d. Blätt.	1,1 „	16,2 „	2,7 „	3,2 „	2,4 „	16,8 „	7,5 „
	51,3	19,5	11,3	17,2	9,3	22,3	49,5

Während eine sehr reiche Stickstoffnahrung bei den rübenartigen Gewächsen nicht nur die Blattbildung aussergewöhnlich begünstigt, sondern auch eine bedeutendere Entwicklung der Wurzel d. h. des Rübenkörpers veranlasst, bewirkt sie bei den Knollengewächsen zwar eine üppige Blattentwicklung, aber auf Kosten der Knollenentwicklung. Allzu reichliche Stickstoffnahrung ist deshalb den Kartoffeln nicht zuträglich. sie schiessen dabei in's Kraut, wie man auf Boden mit alter Kraft, wenn ihm eine starke Düngung zu Kartoffeln gegeben wird, öfter zu sehen Gelegenheit hat; besonders ungünstig wirkt die Düngung kurz vor dem Kartoffellegen. Wenn es überhaupt nur möglich ist, empfiehlt sich die Unterbringung der Stallmistdüngung möglichst lange vor dem Kartoffellegen am meisten. Es ist bekannt, dass frische Düngung die Saaten zur Stengel- und Blattüppigkeit treibt und dabei Samen

und Reservestoffbehälter minder vollkommen ausgebildet werden, während der im Boden schon zum Theil verwesene Stalldünger die für gewisse Pflanzen schädliche Eigenschaft nicht hat, wahrscheinlich weil ein Theil des Ammoniak in Salpetersäure übergegangen ist. Das in manchen Gegenden übliche Ueberdüngen, wenn man den Mist nicht schon früher vor dem Kartoffellegen ausführen kann, und die gute Wirkung dieses Verfahrens scheint ebenfalls in dem Vorstehenden begründet zu sein. Häufig wird der Stalldünger in die Furche eingebracht, in welche die Kartoffeln gelegt werden; in einem losen Boden, in welchen die Luft leichter Zutritt hat, mag dieses zweckmässig sein, da ein solcher Boden in der Regel arm an Stickstoffnahrung ist; in einem besseren Boden aber dürfte sich das Verfahren weniger empfehlen, weil hier die Wirkung der Stickstoffnahrung eine zu schnelle und zu kräftige ist und die Krautbildung zum Nachtheile der Knollenbildung zu sehr begünstigt wird. Ich habe oftmals Gelegenheit gehabt zu beobachten, dass auf ein und demselben Acker die auf die beschriebene Weise gepflanzten Kartoffeln im Ertrage und an Güte weit hinter den aus Mangel an Dünger oder Zeit ungedüngten zurückblieben. Indess hat das Verfahren für leichten Boden doch auch noch andere Vorzüge: die Kartoffel ist eine Brachfrucht, das Kartoffelfeld durch sein Behacken und Behäufeln erleidet die Wirkungen einer Brache, die Luft dringt leicht in die Erde ein, zersetzt dadurch aber auch den vegetabilischen Dünger, den Humus zu stark, führt das Ammoniak in Salpetersäure über, welche durch den leicht in die Erde eindringenden Regen in den Untergrund hinabgewaschen wird, kurz die Zwischenräume, noch begünstigt durch die Behäufelung, erleiden eine grössere Erschöpfung an Humus und Stickstoffnahrung, wenn der Dünger gleichmässig über den Boden verbreitet ist, was aber sehr verhindert wird, wenn der Dünger nur in die Legefurche, in die nächste Nähe der Wurzeln gebracht wird. Auf geschlossenem Boden ist dies weniger zu befürchten und empfiehlt sich in ihm in jeder Beziehung die gleichmässige Ausbreitung des Düngers am meisten. Da wo man nun genöthigt ist, die Legefurchendüngung in Anwendung zu bringen, würde man mit Compostdünger, bereitet aus vegetabilischen Stoffen, selbst Stalldünger, und Erde gewiss günstigere Resultate erzielen.

Auf einem Boden, der gerade nicht humusarm ist, bedarf es nicht immer einer Stallmistdüngung und braucht man bei Düngermangel nicht zu ängstlich zu werden, da die Kartoffel durch einige Beidünger auch vollständig ernährt werden kann, wenigstens auf nicht humusarmem Boden. Man würde aber sehr irren, wenn man da mit einem einzelnen Düngstoffe helfen wollte, etwa mit Holzasche oder Knochenmehl; wie die obigen Analysen gezeigt haben, bedarf die Kartoffel Kali, Kalk, Magnesia und selbst Schwefelsäure in grösserer Menge, und dieses Bedürfniss würde man wohl am besten erreichen durch ein Gemisch von Asche, Knochenmehl und Gyps, oder besser Asche und Superphosphat, auf kalkarmem Boden mit einem Zusatze von Kalk. Es ist gerade nicht gesagt, dass ein einzelner Beidünger nicht auch gute Erfolge haben könne, etwa Asche, es sind dann aber die anderen Nährstoffe in genügender Menge im Boden vorhanden; in diesem Falle wird aber die Erschöpfung hinsichtlich der nicht neu hinzugekommenen Nährstoffe eine grössere sein, und die bösen Folgen davon würden in den Nachfrüchten hervortreten. Ich kann hier nicht die Bemerkung unterlassen, dass es überhaupt eine irrige Ansicht ist, den Stallmist durch irgend einen anderen einzelnen Düngstoff ersetzen zu wollen; sehen wir vom Humus und Ammoniak des Stallmistes ab, so wird z. B. eine Knochenmehldüngung noch lange nicht allen Nährstoffbedürfnissen der Pflanzen genügen, die Pflanze verlangt auch Kali, Schwefelsäure u. s. w., und sollte selbst die Knochenmehldüngung eine reiche Erndte zur Folge gehabt haben, so vertheidigt dies noch lange nicht das Verfahren, denn Nachtheile werden sicher bei den Nachfrüchten sichtbar werden. Wo man aber mit käuflichen zusammengesetzten Düngern (Guano, Poudrette etc.) nachhelfen will, da vergewissere man sich, welche Nährstoffe darin enthalten sind, welche fehlen.

Die Kartoffeln wachsen fast auf jedem Boden, auf strengem und leichtem, auf nassem und trocknem, auf humussaurem und humusarmem; freilich sind die Erträge sehr verschieden. Auf schwerem Boden ist eine gründliche und tiefe Lockerung nöthig, damit die Wurzeln, die zu ziemlich üppiger Entwicklung neigen, Gelegenheit haben sich auszubreiten. Die Rhizome entwickeln sich nur in einem hinreichend durchlüfteten Boden; deshalb ist ihre Zahl und die Zahl der Knollen in der oberflächennahen Erdschicht am grössten. Das Behäufeln hat nun eben den Zweck,

der Kartoffelpflanze eine durchlüftete Erdschicht zu bieten, in welche die Rhizome hineinwachsen. Diese Erdschicht ist zudem auch selbst auf strengem, nassen Boden nicht mit Feuchtigkeit überladen und begünstigt die Wurzelbildung und Rhizom-, sowie Knollenentwicklung, welche Vegetationserscheinungen in der tieferen Schicht nur kümmerlich eintreten können. Hohe und mehrmalige Behäufelung ist in diesem Falle von besonderem Vortheile, denn je höher der Behäufelungshorst ist, um soviel mehr durchlüftete Erde ist der Pflanze geboten.

Hinsichtlich des Saatgutes bedarf es wohl kaum der Bemerkung, dass aus vollkommenen, unzerschnittenen, grösseren Kartoffeln sich kräftige Pflanzen entwickeln können, die auch wieder eine reichliche Assimilation und Stoffbildung, in Folge dessen reichliche Knollenbildung im Gefolge haben. Kleinere Kartoffeln, einzelne Schnitte u. s. w. erzeugen nur kümmerliche Pflanzen. Eben sowenig brauche ich hier hervorzuheben, dass die Entlaubung durchaus schädlich ist; leider dass die Pilzkrankheit die Assimilationsorgane oft genug zerstört und den Ertrag verkümmert.

Die Kartoffeln lassen hinsichtlich ihres Standes in der Fruchtfolge einen grossen Spielraum zu. Wo ein Feld verunkrautet ist, werden die Kartoffeln den Boden reinigen, und weil zu ihnen gedüngt wird, können sie fast nach jeder Frucht folgen. Sie nach Klee und Luzerne ohne Dünger zu bringen, wie in manchen Gegenden zuweilen geschieht, ist gefährlich, weil der Boden schon durch den Klee sehr viel Kali, Kalk, Phosphorsäure u. s. w. verloren hat, und durch die Kartoffeln im höchsten Grade erschöpft werden würde. Unter solchen Verhältnissen würde es unbedingt nothwendig sein, mit einer mineralischen Nährstoffmischung, die reich an Kali ist, zu düngen. Sie auf andere Pflanzen aus der Kaligruppe folgen zu lassen, wird wohl Niemandem einfallen.

Wo der Herbst nicht trocken ist, können auf die Kartoffeln nur Sommerfrüchte folgen, und selbst in Gegenden mit trocknem Herbste ist es auf jedem lockeren Boden gefährlich, im Herbste zu säen, weil der Boden zu sehr aufgelockert und hohl ist. Auf Boden, welcher durch die Kartoffel nicht gar zu sehr aufgelockert wird, genügt das Knollenauspflügen als Saatfurche, man braucht nur klar zu eggen, um zu säen. Auf stark aufgelockertem Boden pflügt man am besten den Samen flach unter. Die Kartoffeln

entnehmen dem Boden eine beträchtliche Menge Nährstoffe, und wenn zu ihnen nicht gut gedüngt wurde, so darf man auf keine ergiebigen Nacherndten rechnen. In jedem Falle aber dürfen nur Pflanzen folgen, die nicht viel Nährstoffe bedürfen, Halmgewächse oder Lein, letzterer mit einer Frühjahrsüberdüngung. Die Halmfrüchte, Weizen, Gerste und Hafer besonders, geben im Kartoffelfelde oft ausgezeichnete Erträge. Zuweilen wird mit gutem Erfolge Tabak nach Kartoffeln gebaut, freilich mit kräftiger Düngung.

Topinambur.

Keine von unseren landwirthschaftlichen Culturpflanzen accomodirt sich den Temperatur- und Bodenverhältnissen mehr wie der Topinambur. Die Knollen können den Winter über in dem Boden bleiben, ohne zu erfrieren; die jungen Pflanzen leiden nicht leicht von den Frühjahrsfrösten; auf dem trocknen Sandboden welken bei langdauerndem trocknen Wetter zwar die Blätter, dieselben gehen aber nicht dadurch zu Grunde; denn sowie der Himmel sich trübt, die Luft etwas mehr Feuchtigkeit enthält, werden die Blätter straff. Auf gutem Boden liefert diese Pflanze bedeutende Erträge, aber auch auf armem losen Sandboden ist ihr Anbau noch lohnend und selbst auf Gerölle und Kies, wenn nur in der tieferen Schicht etwas Feuchtigkeit sich befindet, kann man einige Erträge erzielen. Ihren Ertrag schätzt man auf gutem gedüngten Boden zu 50 Ctr. verfütterbares Laub (ohne die nicht als Futter zu benutzenden Stengel) und 150 Ctr. Knollen, und soll nach Schwerz das 2—4fache des Ertrages eines Kleefeldes an organischer Masse gewonnen werden. Auf einem schlechten Boden, welcher Roggen zu tragen nicht mehr fähig war, erndtete Kade 16 Ctr. Laub und 35 Ctr. Knollen.

Es scheint, dass die Wurzel des Topinamburs im dazu geeigneten Boden in den Untergrund eindringt und dort Nährstoffe aufnimmt, denn er erschöpft den Boden trotz den hohen Erträgen nur wenig. In den Fruchtwechsel lässt sich dieses Gewächs nicht gut einbringen, weil die bei der Erndte im Boden verbleibenden Knollen und Rhizome zwischen den nachherigen Saaten aufgehen. Am besten eignet sich nach Topinambur Kartoffel und hernach Wicken; in den ersteren lassen die Topinamburpflanzen sich beim Behäufeln und Hacken wegbringen und die Wicken lassen die schwächer gewordenen Nachschüsse ebenfalls nicht aufgehen. Am

zweckmässigsten dürfte es sein, ein Feld, besonders Aussenschläge, zu Topinambur mehrere Jahre liegen zu lassen. Der Topinambur soll ein nicht zu verachtendes Futter in Knollen und Kraut liefern; von ihm ist ausser dem dicken verholzten Stengel alles für das Vieh geniessbar, Knollen, Blätter und jüngere Stengel, er ist mithin ein ausgezeichneter Düngererzeuger. Die stärkeren Stengel können in holzarmen Gegenden als Brennmaterial benutzt werden. Diesem und den hohen Erträgen gegenüber soll man glauben, dass unsere Pflanze mehr Beachtung verdiene, als ihr bis jetzt geschenkt wurde; ob sie für den Sanddoden nicht eben soviel Bedeutung hat als die Lupine, will ich dahingestellt sein lassen. Am meisten liebt sie einen nicht zu sehr geschlossenen, nicht zu bindigen Boden, Lehm, Mergel, thonreichen Sandboden. Auf dem schlechten Sandboden kann man die Saatknollen schon frühzeitig legen; sie gehen bei Beginn einer nur etwas milderen Temperatur schnell auf, erzeugen schnell eine den Boden deckende Blattmasse und verhindern mehr wie jede andere Pflanze die Verdunstung des Winterwassers aus dem Boden. Durch ihren Blattreichthum ist sie fähig, viel Stickstoffnahrung der Atmosphäre zu entnehmen und ihre nicht unansehnliche Wurzelverbreitung macht ihre Ernährung leicht, sie bedarf deshalb sehr wenig Dünger. Es genügt, wenn man unter die Knollen etwas Compost bringt, auf schlechtem Boden wird es aber wohl am zweckmässigsten sein, möglichst grosse Knollen auszulegen, damit der grössere Vorrath an organischen Bildungsstoffen eine möglichst schnelle und kräftige Entwicklung der jungen Pflanze veranlasst. Sandberge, Kiesflächen, kiesige Bergabhänge, die sonst zu keiner Cultur geeignet sind, sollen wenigstens mit Topinambur bepflanzt werden. Auf kiesigen Stellen, wo in der oberen Schicht zu wenig Feinerde ist, dürften die zur Aufnahme der Knollen bestimmten Löcher etwas gross gemacht und mit etwas Erde gefüllt werden. Freilich ist das eine langwierige Arbeit; man muss aber bedenken, dass man derartige Flächen dadurch der Cultur entgegenführt. Ist es einmal gelungen, den Topinambur zum Wachsthum zu bringen, so wird durch die abfallenden Blätter, durch die Wurzeln u. s. w. Humus in den Boden gebracht, unter dessen Einfluss die Gesteine schneller zersetzt, der Boden an Feinerde reicher und eine immer kräftiger werdende Vegetation ermöglicht wird. Es würde sich sogar em-

pfehlen, das Kraut der ersten Vegetation, nach Abnahme der besseren Blätter, zu zerhacken und unterzugraben.

Die Zusammensetzung der Knollen ist von Boussingault untersucht; von dem Kraute hingegen ist mir keine Analyse bekannt.

100 frische Knollen enthalten:

20,8 Trockensubst., 0,57 KO, 0,03 CaO, 0,02 MgO, 0,13 PO_5, 0,03 SO_3, 0,17 SiO_3 und 0,32 N; Krocker fand in den Knollen 0,21—0,29 Proc. N.

Boussingault fand in dem lufttrocknen Stengel 2,4 Proc. Asche und 0,40 Proc. N.

Derselbe erndtete auf mehrjährigem Topinamburschlage, welcher alle zwei Jahre gedüngt wurde, 130 Ctr. Knollen und 7 Ctr. lufttrockne Stengel vom Morgen, welche letztere aber erst im Winter vom Felde geholt wurden und einen grossen Theil organische Stoffe (Blätter, jüngere Stengel) eingebüsst hatten.

Mit einer Knollenerndte von 130 Ctr. wurde dem Morgen entzogen in Pfunden:

74 KO 4 CaO 3 MgO 17 PO_5 4 SO_3 21 SiO_3 42 N.

Rechnen wir hierzu noch die bedeutende Menge Mineralstoffe des Krautes, so unterliegt es keinem Zweifel, dass der Topinambur dem Boden eine bedeutende Menge Nährstoffe entzieht, da aber die Pflanze so wenig erschöpfend ist, so muss es wohl richtig sein, dass sie einen grossen Theil der Nährstoffe aus dem Untergrunde aufnimmt, selbst auch wenn alle 2—3 Jahre eine Düngung, die eben nicht sehr reichlich ausfällt, gegeben wird. Hinsichtlich des Stickstoffs macht der Topinambur keine grosse Ansprüche an den Boden; die Entwicklung der jungen Pflanze geschieht auf Kosten der Reservestoffe in den Knollen und erfordert keine grössere Stickstoffmenge im Boden; hat sich die junge Pflanze einmal entwickelt, so nimmt sie die Stickstoffnahrung von der Atmosphäre in reichlicher Menge. Aus dieser Ursache scheint es mir überflüssig zu sein, mit Stallmist zu düngen und wird ein Gemisch von Asche, Gyps, Knochenmehl oder Superphosphat und auf kalkarmem Boden mit Kalk vollständig genügen. Kali, Kalk, Phosphorsäure und Schwefelsäure sind vorzüglich zu berücksichtigen. Die besprochene Pflanze ist besonders geeignet den Stickstoffbestand einer Wirthschaft zu vermehren, weil sie in der Düngung keinen bedarf und in der Erndte sehr beträchtliche

Menge liefert: ich wüsste keine Pflanze, die auf gutem Boden in dieser Beziehung dem Topinambur gleich käme, vorausgesetzt, dass er, wie Schwerz behauptete, grössere Erträge liefert, wie der Klee; es wäre deshalb wohl zu wünschen, dass man dieser Pflanze einmal grössere Aufmerksamkeit schenkte, ihre Productivität, ihre Ernährungsfähigkeit und Nährstoff-Bedürfnisse genauer feststellte, als dies in Vorstehendem geschehen konnte.

III. Stickstoff-Phosphorsäure-Gruppe.

Erbsen.

Der Gehalt der Erbsenkörner an Mineralstoffen ist ziemlich übereinstimmend; sehr abweichend hingegen der Gehalt an diesen Stoffen in dem Stroh. Die nachstehenden Zahlen beziehen sich auf lufttrockne Masse, und zwar die Erbsen mit 14 pCt. und das Stroh mit 12 pCt. Wasser. Die Angaben für die Körner sind nach einer grösseren Zahl von Analysen als Mittelzahlen, die des Strohes als Mittelzahlen nach Hartwig's, Schulz-Fleth's und Sorby's Analysen berechnet.

100 Theile lufttrockene Substanz enthält

	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N	
in den Körnern	0,80	0,99	0,14	0,18	0,34	—	3,7	
im Stroh	0,61	0,79	1,82	0,40	0,47	0,45	2,0	
in den Körnern	0,61	0,87	0,10	0,15	0,12 (?)	—	—	Way
im Stroh	0,10	1,01	2,90	0,46	0,18 (?)	—	—	Way

Eine gute Erndte mag ungefähr 700 Pfd. Erbsen und 1500 Pfd. Stroh liefern; Fresenius berechnet 550 Pfd. Erbsen und 1000 Pfd. Stroh; es würde demnach den Boden durch eine Erbsenerndte entzogen

		PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
nach den Mittelzahlen	in den Körn.	5,6	6,9	1,0	1,3	2,4	—	26
	im Stroh	9,2	11,9	27,3	6,0	7,1	6,8	30
	in Summa	14,8	18,8	28,3	9,3	9,5	6,8	56
nach Fresenius	in den Körn.	4,7	5,1	0,8	1,2	1,5	—	20
	im Stroh	6,2	7,2	27,9	5,3	7,1	11,2	30
	in Summa	10,9	12,3	28,7	6,5	8,6	11,2	50

Zwar entziehen die Erbsen dem Boden nicht viele Stoffe, dennoch muss der Boden noch reich an Nährstoffen sein, sollen gute Erndten erzielt werden. Die Bewurzelung der Erbsen ist keine

bedeutende und es ist selbstverständlich, dass sie nur in einem Boden vollkommen gedeihen können, welcher noch eine grössere Menge Nährstoffe und genügend Humus enthält, um durch Kohlensäurebildung die Lösung der Nährstoffe zu bewirken und eine höhere Concentration der Nährstofflösung herbeizuführen. Gegenüber der geringen Massenproduction muss der Reichthum an stickstoffhaltigen Stoffen in den Erbsen in Körnern und Stroh auffallen. Um der Pflanze diesen Stickstoff zu liefern, muss wohl der Boden der jungen Pflanze einige Stickstoffnahrung liefern, die ältere Pflanze entnimmt indess eine grössere Menge Stickstoffnahrung von der Atmosphäre. Es ist die Erbse, was übrigens auch von allen anderen Hülsenfrüchten gilt, eine Pflanze, die bei weitem mehr Stickstoff producirt, als sie vom Boden empfängt. So nothwendig, wie der Erbse zur ersten Entwicklung einige Stickstoffnahrung vom Boden geboten sein muss, so darf sie deren doch nicht in allzureicher Menge erhalten, weil sie dadurch zu viel zur Stengel- und Blattentwicklung getrieben wird und zu wenig Körner ansetzt. Nun mag dabei kein grosser Schade sein, weil das Stroh ein ausgezeichnetes Futtermittel ist und bei zu üppiger Krautentwickelung dieses in grösserer Menge gewonnen wird; indess man will Körner ernten und sieht deshalb die Krautüppigkeit nicht gern. Am sichersten wird man diesem Uebelstande entgehen, wenn man die Erbsen in zweite oder dritte Tracht bringt, wo ein Uebermaass von Stickstoffnahrung bereits consumirt ist. Muss man zu den Erbsen düngen, so geschehe es wenigstens sehr frühzeitig, so dass der Dünger schon einige Zersetzung im Boden erlitten hat. Auch könnte durch Ueberdüngung geholfen werden. Weil die Erbsen weniger Stickstoffnahrung bedürfen, soll man sie nie vor Halmfrüchte bringen, welche davon weit mehr nöthig haben. Nach Klee gedeihen die Erbsen sehr gut. Nach Hackfrüchten gedeihen die Erbsen zwar vortrefflich, aus der eben angegebenen Ursache lässt man aber auf die Hackfrüchte Weizen, Roggen oder Gerste folgen, und auf diese erst die Erbsen. Bei einer Eröffnung des Umlaufs mit Raps oder Tabak verhält es sich ebenso. Wenn bei einer solchen Fruchtfolge die Erbsen das Feld verlassen haben, dürfte in der Regel der Boden so erschöpft sein, dass eine weitere Frucht ohne Dünger zu gewagt sei; nur bei einem Boden mit alter Kraft dürfte man nach den Erbsen vielleicht noch eine Halmfrucht mit Erfolg bauen. Haben die Erbsen gut gestanden, so ist der Boden durch die Blattbe-

schattung vom Unkraut gereinigt und der Humusgehalt des Bodens nicht sehr erschöpft. Auch haben die abgefallenen Blätter dem Boden einigen Humus wiedergegeben. Auf schwächerem Boden, der nicht arm an Humus ist, dürfte eine Halmfruchternte auch wohl noch gedeihen, wenn mit phosphorsäure-, kalk- und schwefelsäurereichen Düngstoffen nachgeholfen wird. Nach Erbsen wird man wohl schwerlich Weizen oder Gerste bringen, dagegen passen Roggen und Hafer mit ihrer reicheren Bewurzelung besser. Als Hülfsdünger zu Erbsen, wenn die Bodenkraft zweifelhaft ist, würden sich Phosphorsäure, schwefelsäure-, und auf kalkarmem Boden auch kalkreiche Düngstoffe empfehlen. Kalk darf in einem Boden, der gute und reiche Erbsenerndten liefern soll, nicht fehlen. Gyps soll die Erbsen hartkochig machen (?). Wo man genöthigt ist, zu Erbsen mit Stallmist zu düngen, da dürfte sich wohl eine Beidüngung von Knochenmehl oder besser von Superphosphat empfehlen; man hat dann wenigstens den reichlich blühenden Pflanzen Gelegenheit geboten, die Samen vollkommen zu entwickeln und dürfte dabei vielleicht auf eine ausgezeichnete Stroh- und Körnererndte rechnen. Auch bei den Gartenerbsen dürfte ein solches Verfahren sich empfehlen.

Mit Ausnahme des nassen, strengen Thonbodens, des leichten Sand- und des sauren Humusbodens ist fast jeder Boden zur Erbsencultur geeignet, wenn er nicht gar zu arm an Kalk ist. Am besten gedeihen sie auf einem leichten Thonboden, auf Lehm- und kräftigen Mergelboden; Kalkreichthum sagt ihnen besonders zu; Nässe schadet ihnen.

Die Reihencultur hat wohl die meisten Vorzüge, weil es dabei möglich ist, die Bodenoberfläche zu lockern und vom Unkraut zu reinigen. Die Behackung darf natürlich solange nur geschehen, als die Pflanzen den Boden noch nicht decken. Die Reihen müssen aber so dicht beisammen stehen, dass die aufwachsende Pflanze die Zwischenräume deckt und alles Unkraut erstickt. Bei der breitwürfigen Saat wird scharf geeggt, wenn die Pflanzen fingerlang sind; werden dabei auch viele Pflanzen zerstört, so hat das nicht viel zu sagen. Bei einem Boden, der die Feuchtigkeit nicht leicht verdunsten lässt, dürfte sich das Behäufeln empfehlen, die Erbsen erzeugen reichlich Adventivwurzeln und diese werden alsdann in einer trockenen, gut durchlüfteten Erdschicht wesentlich zum Gedeihen beitragen.

Wicken.

Nach Mittelzahlen sind in 100 Theilen lufttrockner Substanz enthalten:

	Wasser	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_2	N
in den Körnern	14	0,91	0,73	0,11	0,20	0,40	0,02	4,3
im Stroh	12	0,27	1,71	1,85	0,31	0,45	0,42	2,0 (?)

Der mittlere Ertrag der Wicken mag 700 Pfd. Körner und 1600 Pfd. Stroh vom Morgen sein; Fresenius nimmt 637 Pfd. Körner und 1500 Pfd. Stroh vom Morgen an. Berechnen wir nach obigen Mittelzahlen die Menge Stoffe, welche eine Wickenerndte dem Morgen Land entzieht, so erhalten wir folgende Zahlen in Pfunden.

		PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_2	N
Nach den Mittelzahlen	in den Körn.	6,4	5,1	0,8	1,4	2,8	—	30
	im Stroh	4,3	27,4	29,6	5,0	7,2	6,7	32
	in Summa	10,7	32,5	30,4	6,4	10,0	6,7	62
nach Fresenius	in den Körn.	5,6	4,6	0,7	1,3	0,6?	0,3	?
	im Stroh	3,8	23,1	24,9	4,1	1,6?	5,6	?
	in Summa	9,4	27,7	25,6	5,4	2,2	5,9	?

Die Wicken lieben einen Boden, der die Feuchtigkeit lange an sich hält, Thonboden, Lehmboden; leichtere Bodenarten, Mergel, thoniger Sand, leichter Lehm geben nur in einem feuchten Klima und in nassen Jahrgängen gute Erndten. Die Wicken haben eine kürzere Vegetationsperiode als die Erbsen und können deshalb weit später gesät werden. Da die Wicken zu den rankenden Gewächsen gehören, giebt man gewöhnlich eine Zwischensaat, an welcher sie aufranken können (Hafer, Pferdebohnen), was auch deshalb vorzuziehen ist, weil bei trockenem Frühjahr die Zwischenfrucht, wenn sie eine Halmfrucht ist, besser aufgeht und den bei dieser Witterung eintretenden Ausfall an Wicken deckt.

Die Wicken können in der Fruchtfolge auf derselben Stelle folgen, welche für die Erbsen angegeben wurde; sie aber ohne Dünger zu säen, würde nur für einen reichen Thon- und strengen Lehmboden passend sein. Sie erfordern besonders zu ihrer ersten Entwickelung mehr Stickstoffnahrung im Boden wie die Erbsen. Man giebt ihnen deshalb gern eine schwache Stallmistdüngung, die übrigens auch der nachfolgenden Halmfrucht wohlthut. In den frischen Dünger Wicken zu säen, ist indess nur auf einem unthätigen

kalten Boden gestattet, in welchem der Mist sich langsam zersetzt. Grosse Noth wird man dieserhalb jedoch nicht haben, da die Wicken spät gesäet werden dürfen und eine frühzeitige Düngung die theilweise Zersetzung des Mistes möglich macht. Wo alles dies nicht angeht, würde man mit Stallmist überdüngen, vorausgesetzt, dass der Boden nicht humusarm ist, oder, was sich noch mehr empfehlen dürfte, man giebt eine schwache Guanoüberdüngung. Was sonst noch über Nährstoffbedürfnisse zu sagen wäre, ist dem gleich, was für Erbsen gilt. In einen abgetragenen Boden Wicken zu bringen, ohne Nachhülfe durch Stickstoffnahrung und Mineralstoffnahrung würde zu keinem guten Resultate führen. Eine Oeffnung der Bodenoberfläche durch scharfes Eggen, wenn die Wicken fingerlang sind, ist sehr vortheilhaft.

Die Winterwicken scheinen auch im mittleren Deutschland noch fortzukommen; Schwerz empfiehlt denselben unbedingt Roggen als Zwischenfrucht zu geben.

Pferdebohnen (Vicia faba).

Ritter untersuchte Bohnen, die auf Thonboden gewachsen waren; seine Resultate finden sich unter I*). Die Zahlen unter II. sind für's Korn Mittelzahlen nach Boussingault, Bichon, Richter, Sorby, für's Stroh nach Sprengel, Way u. s. w.

100 Theile lufttrockner Substanz enthielten

		Trocksubst.	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
I.	in dem Samen	86	1,25	1,10	0,13	0,20	0,67	—	4,20
	in dem Stroh	88	0,38	2,62	1,32	0,37	0,63	0,40	1,48
II.	in dem Samen	86	1.33	1,14	0,20	0.27	?	—	4,00
	in dem Stroh	88	0,18	1,32	0,50	0,18	?	0,8	2,60

Bei I. ist der organische Schwefel bestimmt worden; in dem Stroh fand sich keine Schwefelsäure, sondern nur organischer Schwefel.

Auf Thonboden darf man als Mittelerndte annehmen 1250 Pfd. Samen und 1500 Pfd. Stroh vom Morgen und zwar lufttrocken. Fresenius berechnet 1060 Pfd. Samen und 1380 Pfd. lufttrocknes

---

*) Ritter (Versuchsstation I. S. 19) hat nicht angegeben, ob seine Zahlen sich auf trockne Substanz beziehen; es ist dies angenommen worden und daraus der Gehalt der lufttrocknen Substanz berechnet worden.

Stroh. Mit diesen Erndten würden dem Boden pro Morgen entnommen:

		PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
nach Ritter	im Samen	15,6	13,8	1,6	2,5	8,4	—	53
	im Stroh	5,7	39,3	19,8	5,6	9,5	6,0	23
	in Summa	21,3	53,1	21,4	8,1	17,9	6,0	76
nach Fresenius	im Samen	13,7	12,1	2,1	2,9	1,6	0,4	39
	im Stroh	3,7	4,7	11,3	2,2	4,3	3,5	?
	in Summa	17,4	16,8	13,4	5,1	5,9	3,9	?

Thonreiche Bodenarten, welche die Feuchtigkeit länger anhalten, sind besonders für die Pferdebohnen geeignet; ist der Boden dabei warm, so darf man auf die reichsten Erndten rechnen, indess auch ein nasser kalter Thonboden giebt in den Bohnen grössere Erträge als in den meisten anderen Früchten. Die Bohne ist fähig, in geeignetem Boden ein kräftiges Adventivwurzelsystem zu bilden und gerade dieser Eigenschaft halber ist sie die Pflanze für den kalten nassen Boden, denn durch Behäufelung wird den Pflanzen eine Erdumlagerung gegeben, aus welcher die übermässige Feuchtigkeit schnell fortgeht und nicht in sich ansammeln lässt, die der Luft einen besseren Zutritt gestattet, als der flachliegende Boden, und wodurch alle Vortheile der Bodendurchlüftung — Nährstofflösung, Wurzelentwicklung — erzielt werden. Drillcultur ist eine Nothwendigkeit bei den Bohnen auf allen nassen und selbst auf feuchten Bodenarten, abgesehen davon, dass sie die Verunkrautung nicht möglich macht. Je mehr der Boden die Feuchtigkeit festhält, um so höher müssen die Behäufelungshörste aufgezogen werden; man verfährt gewöhnlich dabei so, dass man zweimal anhäufelt und zwar das zweite Mal, wenn die Hörste der ersten Behäufelung gehörig durchlüftet und abgetrocknet sind. Die Reihenweite hängt davon ab, ob die Behäufelung mit dem Pfluge oder durch Handarbeit geschehen soll.

Wenn die Bohnen in schweren Boden kommen, so entwickeln sich hauptsächlich die Adventivwurzeln und diese führen der Pflanze die Nährstoffe vorzugsweise zu; die in die tiefere, weniger durchlüftete Erdschicht eindringende Wurzel entwickelt sich weniger und ist ihr Beitrag zur Nährstoffeinführung ein geringerer. Bei jeder Drillcultur ist aber ein Nährstoffreichthum des Bodens und eine gleichmässige Vertheilung der Nährstoffe nöthig, so natürlich auch hier. Um dieses zu erreichen, muss der Dünger flach unter-

gepflügt werden, so dass er mit der Luft besser in Berührung kommt; vor dem Behäufeln ist er alsdann so weit verwest, dass er bei dem Behäufeln einigermaassen mit der Erde gemischt wird, sicher aber mit in die Erde der Hörste gelangt. Dasselbe wird erreicht, wenn man den während des Winters aufgefahrenen Dünger mit dem Samen unterpflügt. Frische Düngung sagt auch den Bohnen nicht zu, weil sie dadurch zum übermässigen Längswachsthum und Blühen getrieben werden; doch ist ein Schaden für die Samenbildung durch frische Düngung weniger zu befürchten, weil die Bohne als nichtästende Pflanze weniger zu übermässiger Ueppigkeit neigt und auch den genannten Nachtheilen durch Entgipfelung, durch Abschneiden des Gipfels der Pflanze, was übrigens eine nicht sehr zeitraubende Arbeit ist, vorgebeugt werden kann. Durch diese Operation nimmt man der Pflanze die Terminalknospe und das Längswachsthum des Stengels und die übermässige Blüthenbildung hat ein Ende und die Bildungsthätigkeit wirft sich auf die angelegten Blüthenorgane. Fährt man auf den vor Winter tiefgepflügten Boden während des Winters den Mist und pflügt ihn mit sammt dem Samen unter, so wird man allen diesen Nachtheilen entgehen.

Die Bohnen verlangen einen nicht nährstoffarmen Boden, dem es auch an Stickstoffnahrung nicht fehlt; ohne reiche Stickstoffnahrung ist es misslich, Bohnen zu ziehen, weil die Blattbildung verhältnissmässig nicht so reich wie bei den übrigen Leguminosen ist. Mit Ausnahme eines an alter Kraft sehr reichen Bodens, darf man sie nicht ohne Düngung bauen. Stallmist ist der geeignetste Dünger, doch würde man in Ermangelung dessen zu anderem stickstoffreichen Dünger, zu Guano, Poudrette u. s. w., welchem etwas Knochenmehl und Gyps oder auch letzterer allein beigemischt ist, greifen dürfen. Die Stellung der Bohnen in der Fruchtfolge ist verschieden. Auf einem nassen zähen Boden, welcher dem Hackfruchtbau nicht sonderlich zusagt, kann man mit ihnen den Umlauf mit einer recht starken Düngung eröffnen. Gerade auf diesem Boden fehlt es leicht an einem Vorgänger für Halmfrüchte, die man niemals in die erste Tracht bringen soll. Die Bohnen nehmen das Uebermaass der Stickstoffnahrung fort, und werden sie auch üppig dadurch, so verhindert doch die Steifheit des Stengels eine Lagerung und kann man einer allzugrossen Ueppigkeit durch Entgipfelung vorbeugen. Eben so gut lassen sie sich zwischen Halmfrüchte schieben; man giebt alsdann eine schwache Stallmistdüngung

oder Guano mit Gyps u. dgl.; die Düngung wirkt auch auf die nachfolgenden Halmfrüchte ganz vorzüglich. Letzterer Modus wird gewöhnlich auf besserem wärmeren Boden am Platze sein. Die Bohnen können häufig nacheinander gebaut werden.

Die Saat muss möglichst frühzeitig vorgenommen werden; es werden dabei die Bohnen in die Furche gesäet.

Linsen.

Fresenius berechnet nach Mittelzahlen folgende Zusammensetzung in 100 Theilen der lufttrocknen Substanz:

	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
im Samen	0,81	0,78	0,14	0,06	0,23	0,03	4,0
im Stroh	0,38	0,34	1,64	0,10	0,01?	0,55	?

Nach demselben werden geerndtet auf dem Morgen 680 Pfund Samen und 1840 Pfund Stroh. Diese entziehen dem Boden in Pfunden:

	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
im Samen	5,5	5,3	0,9	0,4	1,6	0,2	25
im Stroh	7,1	6,2	30,1	1,8	0,6?	10,1	?
in Summa	12,6	11,5	31,0	2,2	2,2?	10,3	?

Ein Boden, der den Erbsen zusagt, und selbst ein noch leichterer Boden, wenn er nur nicht zu schnell austrocknet, ist für die Linsen geeignet. Sind die Linsen auch genügsamer als die Erbsen, so verlangen sie doch auch einige alte Bodenkraft, wenn sie ohne Düngung gebaut werden sollen und liefern bei einiger Düngung gute Erträge. Hinsichtlich der Düngung und Beidüngung gilt das bei den Erbsen Gesagte, indess können die Linsen die frische Düngung besser ertragen.

Lupinen.

Es ist auffallend, dass die Chemiker dieser für die Sandgegenden so hochwichtigen Pflanze noch so wenig Aufmerksamkeit geschenkt haben, wenigstens konnte ich keine vollständige brauchbare Arbeit auffinden. Ich kann also über die Zusammensetzung und Bodenerschöpfung dieser Pflanze nicht viel sagen. Stöckardt fand in 100 Theilen der frischen grünen Pflanze mit halbreifen Samen 83,86 Wasser und 16,14 Trockensubstanz, 0,45 Stickstoff, 1,3 Asche. Ritthausen giebt für die lufttrocknen Samen 14,7 Procent Wasser, 5,4 Procent Stickstoff, 4,04 Procent Asche, für das lufttrockne Stroh

14,2 Procent Wasser, 0,77 Procent Stickstoff und 4,37 Procent Asche an.

Wenn auch die Lupine sehr gut auf besserem Boden gedeiht, so ist sie doch hauptsächlich die Pflanze des Sandbodens, und selbst auf losem armem Flugsande vermag sie noch Erträge zu liefern und denselben in Cultur zu bringen. Ihre Wurzeln ziehen tief in den Boden ein und nehmen dort Nährstoffe und Wasser auf, ihr ausgedehntes Blattwerk schützt den Boden vor zu starker Verdunstung des Wassers, zu schneller Zersetzung des Humus und nimmt in grösserer Menge Stickstoffnahrung von der Atmosphäre. Sie bedarf kaum der Stickstoffnahrung im Boden, und doch erzeugt sie in reicher Menge Stickstoff. Sie ist für Sandgegenden einer der vorzüglichsten Düngererzeuger. Wenn der Same in einen feuchten Boden gelangt, hat die Lupine genug. Die Samen enthalten soviel organische Bildungsstoffe, als zur ersten Entwicklung der Pflanze nöthig ist. Der Same muss untergebracht werden, ehe die Winterfeuchtigkeit aus dem Boden fortgegangen ist, und zwar untergepflügt werden, damit sie in genügender Menge Feuchtigkeit findet. Schnell wächst sie heran und bildet eine Blattmasse, welche den Boden beschattet. Wie gesagt, macht sie an den Boden keine Ansprüche, wiewohl auch sie sich einer grösseren Menge von Nährstoffen erfreuen und dabei sehr grosse Erträge geben würde; indess wird man auf einem nährstoffreichen Boden keine Lupinen bauen. Die Lupine sammelt eine grosse Menge mineralischer Stoffe in sich an und bildet viel stickstoffhaltige Substanz; verfüttert, vermehrt sie der Düngerstand sehr bedeutend. Auf manchem Boden ist es aber gerathener, nur einen Theil der Lupinen zu verfüttern, den anderen Theil aber direct unterzupflügen; auf diese Weise gelangt in die obere Schicht des Sandes Humus, Stickstoffnahrung und leichtassimilirbare Mineralstoffe. Es giebt Felder, auf welchen abwechselnd Lupinen und Roggen ohne jede andre Düngung als die untergepflügten Lupinen gebaut werden, und in dem Roggen eine immerhin noch lohnende Erndte gegeben ist; und dieser Boden ist ein armer Sandboden, arm an Mineralstoffen, frei an Stickstoffnahrung, bevor er in Cultur genommen wird. Wie bei dieser Cultur dem Sande die im Roggen und einem Theile der Lupinen geerndteten Mineralstoffe wieder ersetzt werden, ist eine Frage, die nur durch die Annahme beantwortet werden kann, dass dem Untergrunde, und zwar bis in jene Schicht, in welche die Lupinen-

wurzeln eindringen, durch hydrostatischen Druck Wasser zugeführt wird, welches seine Mineralstoffe bei der Verdunstung zurücklässt; das Wasser steigt natürlich nicht in den Obergrund und in die ihm zunächst liegenden Untergrundschichten auf.

Gedeiht die Lupine nun auch selbst in Norddeutschland leicht, so hat sie hier doch den Uebelstand, dass in manchen Jahren die Samen nicht zur Reife kommen und es dann an einem guten Samengut fehlt. Vor allem Andern ist es alsdann nöthig, aus andern Gegenden Saatgut zu beziehen. Unreifer Samen stellt die Sicherheit der Lupinen in Zweifel, und das Missrathen derselben in einem Jahre ist von bedenklichen Folgen für die auf Lupinendünger angewiesenen Sandwirthschaften.

Kalkreicher Boden sagt der Lupine nicht zu; jedenfalls aber befindet sie sich wohl bei einem mässigen Gehalte an Kalk im Boden, denn sie ist eine Pflanze, welche eine grosse Menge Blätter erzeugt und hierzu auch grösserer Mengen Kalk bedarf. Sollte die Zuführung geringerer Mengen Mergel der Lupine nicht zuträglich sein?

Raps (Brassisa Napus).

Den Winterraps haben wir als eine perennirende Pflanze anzusehen, deren erste Entwicklung in den Sommer und Herbst des Saatjahres, deren Ausbildung in das nächste Jahr fällt. In der ersten Entwicklung ist der Raps vorzugsweise Blattpflanze, d. h. sie bildet nur Blätter, ohne Tendenz zur Stengelbildung; die Stengelbildung kommt im normalen Verlaufe der Vegetationsprozesse im zukünftigen Frühjahre. Die erste Stengelentwicklung geschieht auf Kosten der in der Wurzel abgelagerten Stoffe, und damit sich ein reichästiger Stengel entwickeln kann, muss dafür Sorge getragen werden, dass sich eine möglichst grösste Menge von organischen Bildungsstoffen in der ersten Periode (Sommer und Herbst) entwickelt und in den Wurzeln ansammelt. Da also Blattbildung und vorzugsweise Erzeugung von Proteinsubstanzen eine Nothwendigkeit für die gute Entwicklung des Rapses ist, so muss dem Boden eine grössere Menge Stickstoffnahrung gegeben werden, dem entsprechend muss natürlich auch Kalk, Schwefelsäure und Kali in grösserer Menge im Boden sein. In einem kalkarmen Boden ist es höchst nöthig, dem Rapsfelde eine Kalk- oder Mergeldüngung zu geben, wie dies an manchen Orten am

Rheine regelmässig geschieht. Der Kalk oder Mergel wird nach der letzten Furche aufgefahren und gehörig untergeegt. Die bisherigen Analysen des Rapses genügen nicht, um an ihnen das Nährstoffbedürfniss desselben zu zeigen, die erste Periode, die für die Pflanze doch so äusserst wichtig ist und in welcher die Entwicklung und damit auch das Nährstoffbedürfniss so sehr von den späteren Perioden abweicht, ist nicht berücksichtigt worden. Aus den Analysen der reifen Pflanze lässt sich kein Schluss auf das Nährstoffbedürfniss ziehen, weil derselben die Blätter fehlen.

Isidor Pierre fand auf 1 preuss. Morgen am 6. Mai 268 Zollcentner und am 20. Juni 231¾ Zollcentner frischer Substanz, mit Inbegriff der Wurzeln, darin war enthalten in Zollpfunden:

am 6. Mai 41,8 PO_5 146,7 KO und NaO 138,9 CaO 66,0 N
am 20. Juni 41,7 „ 119,1 „ „ „ 97,9 „ 58,2 „

Man sieht, wie viel durch Blattfall dem Boden wieder zurückgegeben wird. E. Wolf erndtete 84,8 Ctr. frischer Substanz (Stengel, Same, Schoten), darin war enthalten in Pfunden:

16,9 PO_5 34,0 KO 49,0 CaO 8,5 MgO 23,8 SO_3 1,6 SiO_3 45,9 N

100 Theile dieses geerndteten Rapses enthielten: 33,6 Wasser, 0,21 PO_5 0,40 KO, 0,58 CaO, 0,10 MgO, 0,28 SO_3 0,02 SiO_3 0,54 N.

Wichtiger für uns ist die Zusammensetzung der Körner und des Strohes, die nach den Analysen von Rammelsberg im Nachfolgenden berechnet sind; Schwefelsäure und Stickstoff sind nach anderen Angaben berechnet.

100 Theile lufttrockner Raps enthalten:

in Körnern 2,13 PO_5 1,17 KO 0,62 CaO 0,53 MgO 1,6 SO_3 —SiO_3 3,78 N
im Stroh 0,27 „ 0,47 „ 1,13 „ 0,10 „ 0,6 „ 0,05 „ 0,53 „

Die Schoten dürften ähnlich wie das Stroh zusammengesetzt sein. Rechnet man nun als gute Mittelerndte 9,8 Ctr. Samen und 21,9 Ctr. Stroh und Schoten, so verliert der Morgen mit dieser Erndte folgende Mengen von Stoffen:

Körner	20,9 PO_5	11,5 KO	6,1 CaO	5,2 MgO	15,5 SO_3	—SiO_3	37,0 N
Stroh u. Schot.	5,9 „	10,0 „	24,8 „	1,3 „	13,4 „	2,0 „	11,6 „
in Summa:	26,8 „	21,8 „	30,9 „	6,5 „	28,9 „	2,0 „	48,6 „

Fresenius berechnet den Verlust für 1 Morgen:

	25,2 PO_5	25,3 KO	27,7 CaO	7,8 MgO	23,0 SO_3	1,8 SiO_3	
Weiz.erndte	10,2 „	16,3 „	6,5 „	2,2 „	10,3 „	64,7 „	25,4 N

Die Bewurzelung des Rapses ist nicht besonders reich, es muss deshalb nicht nur durch gute und tiefe Lockerung das Wachsthum

und die Verbreitung der Wurzel befördert, sondern es muss der Raps auch einen Reichthum an Nährstoffen und eine concentrirte Nährstofflösung im Boden vorfinden. Dieser Verhältnisse halber wird man zu Raps ebensowohl eine grössere Menge Nährstoffe als auch eine grössere Menge von lösenden Agenzien geben müssen, zudem muss die Nährstoffmischung in reichlichster Menge Stickstoffnahrung enthalten. Eine starke Stallmistdüngung kurz vor der Saat vereinigt diese Anforderungen in sich, besonders wenn auf kalkarmem Boden eine Kalk- odes Mergeldüngung vorhergegangen ist; eine geringe Gypszufuhr dürfte auch wohl in den meisten Bodenarten von Vortheil sein. Der Schafmist mit seinem grösseren Stickstoffgehalte verdient den Vorzug. Man hat hier und da versucht, bei Stalldüngermangel mit Guano zu düngen, doch führt das in einem nicht nährstoff- und humusreichen Boden zu schlechten Erndten, besonders ergiebt sich bei dem gewöhnlichen Peruguano wegen Mangels an Phosphorsäure ein schlechter Körnerertrag; bei phosphorsäurereichem und stickstoffarmem Guano entwickelt sich die Pflanze überhaupt schlecht. Besser würde es sein, mit stickstoffreichem Guano und Superphosphat gleichzeitig zu düngen. Ist zum Raps mit Guano gedüngt worden, so muss zu den Nachfrüchten wieder von Neuem gedüngt werden.

Vor Winter muss der Raps ein üppiges Blattwerk bilden; je üppiger dieses ist, um so stärker ist die Assimilation, um so mehr organische Bildungsstoffe werden erzeugt und wandern aus den Blättern in die Wurzel. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Saat schon früh gemacht werden, und zwar muss man sie um so früher machen, je niedriger die Temperatur des Herbstes ist. Die Saatzeit ist von Mitte Juni bis Ende August. In Gegenden mit warmen Herbsten scheint noch Anfang September gesäet werden zu können. (Man hat in Poppelsdorf von einem am 21. September gesäeten Raps 16 Scheffel pro Morgen geerndtet). Den Winter über gehen die meisten Blätter zu Grunde und kommen auch einige durch den Winter, so haben auch diese keine besondere Bedeutung mehr. Im Frühjahre werden aus dem Strunke neue Blätter erzeugt, und diese sind es, welche die Assimilation erneuern. Je besser der Raps im Herbste gestanden hat, um so kräftiger ist der im Frühjahre sich entwickelnde Stengel.

Da zum Raps eine starke Düngung gegeben wird, ist er gleichgültig gegen seine Vorgänger. Gewöhnlich wird gebraacht; mag

das auch in starkbindigem Thonboden und bei rauhem Klima nöthig sein, so scheint doch in manchen Gegenden mit der Brache des Guten zu viel gethan zu werden. Da, wo man Ende August säen kann, wird man sehr gut ein Grünfutter vorbauen können, Futterroggen u. dgl. mit einer schwachen Guanodüngung oder mit häufiger Mistjauche-Ueberdüngung, ebenso früh gesäete Wicken mit gleicher Düngung. Der Incarnatklee ist besonders als Vorpflanze des Rapses geeignet, da er in nicht zu sehr erschöpftem Boden einen reichlichen Schnitt liefert und das Feld früh genug räumt; man wird freilich gut thun, dem Incarnatklee mit Asche, Gyps und Kalk (letzterer in kalkarmem Boden) nachzuhelfen.

Verlangt der Raps auch einen grösseren Nährstoffvorrath, so ist er doch nicht stark erschöpfend wie die vorhin mitgetheilten Zahlen andeuten; es lassen sich nach ihm immer noch 2 Halmfrüchte, in starkbindigem Boden bei starker Düngung sogar 2 Halmfrüchte und 1 Hülsenfrucht bauen. Seine Wurzeln, und ganz besonders wenn auch noch die Strünke ausgerissen werden, geben dem Boden nur wenig Humus. Alle bindigen Bodenarten sagen dem Raps zu, indess gedeiht er auch noch gut auf leichterem Boden; dennoch soll letzterer niemals zum Rapsbaue verwendet werden, weil dem Boden eine starke Düngung gegeben werden muss, in leichtem Boden die Nährstoffe durch starke Kohlensäureerzeugung in grosser Menge zur Lösung kommen und alsdann durch den Regen grössere Mengen von Nährstoffen in den Untergrund hinabgespült werden, die für die nachfolgende Frucht so gut wie verloren sind. In schwerem Boden, der die Feuchtigkeit zu lange festhält, muss der Raps gedrillt werden; er lässt sich alsdann behacken und behäufeln und weil er reichlich Adventivwurzeln in den leicht austrocknenden Behäufelungshorst treibt, ist die Ernährung der Rapspflanze eine bessere.

Zwar kann der Raps eine grössere Kälte vertragen, doch erfriert er auch gern im Spätwinter, wenn starker Frost und Thauwetter häufiger aufeinander folgen. Und gerade die dünneren, hoch aufgeschossenen Strünke sind es, welche am leichtesten erfrieren, während die dickstämmigen Strünke wieder ausschlagen. Frühe Saat in Gegenden mit kühlen Herbsten, späte Saat bei sehr reicher Düngung in Gegenden mit warmen Herbsten, und nicht zu dichter Stand überhaupt: dadurch wird man dicke und kurze Strünke erzeugen.

Winterrübsen, Awehl, Sommerraps und Sommerrübsen.

Diese Oelgewächse werden in ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich verschieden von dem Winterraps sein. Will man von ihnen lohnende Erträge haben, so wird man ebenfalls mit dem Dünger nicht sparen dürfen; überhaupt aber geben sie bedeutend geringere Erträge als der Raps. Freilich bedürfen sie so grosse Mengen Dünger nicht, und wird man auch in manchem Boden mit Guano und Knochenmehl eher eine gute Erndte erwarten dürfen als von Raps; man darf alsdann an das Feld aber auch keine besonderen Forderungen hinsichtlich der Nachfrüchte stellen. Winterrübsen und Awehl können später als der Raps gesäet werden, bedürfen keinen so vorzüglich zubereiteten Boden und halten in rauheren Gegenden besser aus; für leichtere Bodenarten eignet sich Winterrübsen besser als Raps. Die Sommer-Oelgewächse haben eine ziemlich kurze Vegetationsperiode; es dürfte sich jedoch wohl schwerlich lohnen, sie anders als zur Ausgleichung des Winterraps oder Winterrübsen anzubauen, wenn derselbe durch ungünstige Witterung zu Grunde gegangen oder nicht frühzeitig genug im Sommer gesäet werden konnte. Vielen Landwirthen ist sogar ein Rapsfeld, welches durch ungünstige Witterung gelitten hat und deshalb umgepflügt werden musste, zu schade für Sommerraps oder Sommerrübsen und sie bauen andere Gewächse hinein.

Mais.

Der Mais ist eine Frucht wärmerer Gegenden; sein Verbreitungsbezirk fällt mit dem der Rebe zusammen. Gegenden mit frostfreiem Mai liefern gute Erträge. Der Mais liefert nicht nur Körner, sondern gleichzeitig auch eine Menge Grünfutter und Stroh. Nachdem die Befruchtung stattgefunden hat, werden die männlichen Blüthen mit ihrem Stengel abgeschnitten und verfüttert; fangen die Körner an zu reifen, so nimmt man die Blätter weg, welche ebenfalls ein gutes Viehfutter sind. Der Mais wird in Reihen gebaut und erhält stets eine Zwischenfrucht, in der Regel Schminkbohnen (Phaseolus — Zwergbohnen), welche mit in die Maisreihe gebracht werden. Brauchbare Analysen des Mais sind mir nicht bekannt, ich muss mich deshalb darauf beschränken, seine Bestandtheile nach Mittelzahlen und verschiedenen Analysen anzugeben. Ebenso sind keine guten Analysen der Bohnen bekannt, die wir hier mit in Betracht zu ziehen haben.

100 Theile lufttrockner Mais enthalten:

	PO_5	KO u. NaO	CaO	MgO	SO_3	SiO	N
im Korn	0,52	0,29 KO	0,01	0,17	?	—	2
im Stroh	0,37	0,42	0,29	0,37	0,22?	1,19	?

100 Theile lufttrockne Bohnen enthalten:

im Korn	1,18	1,38	0,22	0,35	0,40?	—	?
im Stroh	0,3	1,00	2,00	0,40	0,40?	0,6	?

Als mittlere Erndte ist zu rechnen 1800 Pfd. Körner, 3000 Pfd. Stengel, Blätter, männliche Blüthen und Seitentriebe pro Morgen, ausserdem 200 Pfd. Bohnen und vielleicht 300 Pfd. Stroh. Demnach würde einem Morgen entzogen in Pfunden:

Maiskörner	9,4 PO_5	5,2 KO	0,2 CaO	3,1 MgO	? SO_3
Maisstroh	11,1 „	12,6 „	8,7 „	11,1 „	? „
Bohnen	2,4 „	2,8 „	0,5 „	0,7 „	0,8 „
Bohnenstroh	0,9 „	3,0 „	6,0 „	1,2 „	1,2 „
	23,8	23,6	15,4	16,1	?

Diese Zahlen sind sehr wenig zuverlässig; sie scheinen viel zu niedrig zu sein. Analysen der einzelnen geerndteten Theile in Mais und Bohnen sind dringend nöthig. Die Bewurzelung des Mais ist zwar eine sehr reiche, doch verlangt er eine kräftige Düngung, wenn er reichliche Erträge liefern soll; bedenkt man, dass vom Mais fast alle producirte organische Masse geerndtet wird, so muss die Erschöpfung des Bodens eine weit beträchtlichere sein, als sie sich in den obigen Zahlen darstellt. Blattbildung und Körnerbildung sind hier gleichmässig bevorzugt und muss deshalb der Pflanze nicht nur eine reichliche Menge von Stickstoffnahrung, Kalk und Schwefelsäure geboten werden, sondern auch eine grössere Menge Phosphorsäure und Kali. Eine reichliche Stallmistdüngung sagt dem Mais am meisten zu, man würde auch wohl in kalkreichem und nicht humusarmem Boden mit Guano und Knochenmehl oder besser mit Guano und Superphosphat reiche Erndten erzielen können. Die erste Entwicklung muss eine recht üppige sein, weshalb es nicht nur nöthig ist, recht viel Stickstoffnahrung zu geben, sondern auch in der blatt- und stengeltreibenden Form, der Stallmist kurz vor der Saat, wenn möglich Schafdünger. Gibt man geringere Mengen Stallmist, so dürfte Zusatz von Gyps und Knochenmehl oder von Superphosphat allein zu empfehlen sein; in kalkarmem Boden muss für eine genügende Menge Kalk gesorgt sein. Der Mais kommt in jedem Boden, mit

Ausnahme eines schweren und nassen, fort; auf leichtem Boden darf man, ohne Verluste zu befürchten, schon stärker düngen wie zu manchen anderen Früchten, denn die reichliche Bewurzelung des Mais nimmt die löslich gewordenen Stoffe leicht auf; überhaupt muss aber auf jedem leichteren Boden die Düngung eben nur für den Mais ausreichen, Düngungen zu mehreren Früchten ist nicht angebracht. Auf weniger leichten Bodenarten kann man zu Mais für zwei Früchte düngen, und ist alsdann Weizen, Gerste oder Roggen Nachfrucht und zwar Winterfrucht da, wo der Weizen früh genug reif wird, um das Winterfeld gehörig bestellen zu können, sonst Sommerfrucht. Tabak, Bohnen, Hanf lässt man gern auf Mais folgen, es muss hierzu aber von Neuem gedüngt werden. Der Mais wird einige Mal behackt und behäufelt; der Dünger dürfte deshalb, besonders in bindigerem Boden nur flach untergepflügt werden, damit eine reichlichere Menge Nährstoffe mit in die angehäufelten Hörste gelangt, die hier durch die üppigen Adventivwurzeln schnell zur Aufnahme kommen.

Buchweizen.

Chemisch wenig untersucht. Die nachfolgenden Zahlen für Samen sind nach Bichon, für Stroh nach Schulz-Fleth berechnet.

100 Theile lufttrockner Buchweizen enthalten:

im Korn	1,10 PO_5	0,19 KO	0,15 CaO	0,23 MgO	0,14? SO_3	1,36 N
im Stroh	0,33 „	1,24 „	0,50 „	0,05 „	0,35? „	? „

Als mittlere Erndte kann man rechnen 750 Pfd. Körner und 1200 Pfd. Stroh vom Morgen. Mit dieser Erndte würde dem Morgen entzogen in Pfunden:

im Korn	8,3 PO_5	1,4 KO	1,1 CaO	1,7 MgO	1,0 SO_3	10,2 N
im Stroh	4,0 „	14,9 „	6,0 „	0,6 „	4,0 „	? „
Summa:	12,3	16,3	7,1	2,3	5,0	

Diesen Zahlen zufolge dürfte der Buchweizen eben so erschöpfend sein wie der Weizen; was Kalk und Kali betrifft, hat er unzweifelhaft bedeutendere Mengen nöthig als der letztere, weil er reicher an Blättern ist und diese, die zwar nicht mit geerndtet werden, zu ihrer Entwicklung der genannten Stoffe unbedingt bedürfen. Dennoch verlangt der Buchweizen einen weit geringeren Reichthum an Nährstoffen im Boden als der Weizen, weil sein

Wurzelwerk sich besser entwickelt und ausgebreiteter wird. Durch seinen Blattreichthum nimmt der Buchweizen eine grössere Menge Kohlensäure und Stickstoff von der Atmosphäre, verhindert die Austrocknung des Bodens und zerstört das Unkraut. Einen besonderen Humusvorrath des Bodens bedarf er nicht, er kann deshalb gut in zweiter und dritter Reihe nach Klee oder in dritter und vierter Reihe nach einer Turnusdüngung folgen. Auf den meisten Aeckern bringt man ihn in zweiter Reihe nach Klee (Klee, Halmfrucht oder Hülsenfrucht, Buchweizen); er vermag an dieser Stelle indess nur auf einem überaus reichen Boden eine lohnende Erndte zu liefern, und wird man auch hier noch mit einer schwachen Guanodüngung nachhelfen müssen, um die erste Entwicklung zu befördern; ist zu Klee nicht gekalkt oder gemergelt und gegypst worden, so dürfte dem Buchweizen eine solche Düngung gegeben werden. Auf allen leichteren und nicht reichen Bodenarten kann man an der eben angegebenen Stelle in der Fruchtfolge nur auf Ertrag rechnen, wenn zum Buchweizen eine schwächere Stallmistdüngung gegeben wird; will man nach dem Buchweizen noch eine Halmfrucht bauen, was auf manchem Boden wohl angeht (Klee, Roggen oder Weizen, Buchweizen, Hafer), so muss die Düngung zum Buchweizen eine stärkere sein. Eine solche Einrichtung geht gut an, weil der Buchweizen ein Uebermaass von Stickstoffnahrung wegnimmt, den Boden wenig erschöpft und durch seinen Blätterreichthum die Zersetzung des Humus bedeutend vermindert, dabei das Unkraut sehr zerstört. Wo man den Buchweizen anbaut, um den Boden vom Unkraut zu reinigen, da muss man besonders darauf bedacht sein, die erste Entwicklung zu befördern, also da wo nicht mit Stallmist gedüngt wird, etwas Guano zu geben. Will man Buchweizen in einen erschöpften Boden ohne Stallmist bauen, so wird man sich mit Guano und Superphosphat helfen können; man gebe aber nie eins von beiden allein.

IV. Phosphorsäuregruppe.

Weizen.

Bestandtheile: I. nach Boussingault, II. nach Ogston und Way, III. nach Mittelzahlen berechnet; die Schwefelsäure ist bei I. und II. nach anderen Analysen berechnet.

100 Theile lufttrockner Weizen enthalten:

		P_2O_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
I.	im Korn	0,98	0,61	0,06	0,33	0,14	0,03	1,96
	im Stroh	0,16	0,49	0,45	0,27	0,45	3,58	0,27
II.	im Korn	0,93	0,62	0,03	0,25	0,14	0,11	?
	im Stroh	0,22	0,42	0,24	0,05	0,45	2,94	?
III.	im Korn	1,00	0,55	0,06	0,29	0,15	—	2,36
	im Stroh	0,12	0,55	0,32	0,10	0,46	3,42	0,28

Als gute Mittelerndte dürfen wir 850 Pfd. (etwa 10 Scheffel) Körner und 1900 Pfd. Stroh ansehen; diese würde dem Boden entnehmen, pro Morgen in Pfunden, und nach den Mittelzahlen berechnet:

Korn	8,5 PO_4	4,7 KO	0,5 CaO	2,5 MgO	1,3 SO_3	— SiO_3	20,1 N
Stroh	2,3 „	10,5 „	6,1 „	1,9 „	8,7 „	65,0 „	5,3 „
Sa.:	10,8	15,2	6,6	4,4	10,0	65,0	25,4

Wie alle vor der Erndte sich entblätternde Pflanzen, so bedarf auch der Weizen einen grösseren Nährstoffreichthum des Bodens als durch die für die Erndte hier angenommenen Zahlen repräsentirt wird; vom Weizen gilt das um so mehr, als seine Wurzel keine besonders grosse Verbreitung besitzt und eben nicht reich an Wurzelfäden ist. Verlangt der Weizen auch einen Vorrath von Stickstoffnahrung im Boden, so ist ihm doch eine grössere Menge schädlich; man baut deshalb den Weizen nicht gern in frische Düngung, welche eine zu starke Bestockung und zu üppige Entwicklung der Pflanze auf Kosten der Körnerentwicklung veranlasst. In zweiter Tracht nach einer reichlichen Düngung befindet er sich am wohlsten, da also, wo durch die Vorfrucht ein Uebermaass von Stickstoffnahrung hinweggenommen wurde, der Boden aber noch in guter Kraft sowohl hinsichtlich der Nährstoffe als des Humus zurückgeblieben ist; Raps, Rübsen, Pferdebohnen auf schwerem Boden, Grünwicken u. dgl., Tabak, Hanf, Kohl, Turnips, Mais, Runkelrüben, Kartoffeln sind seine Vorfrüchte, Turnips, Runkelrüben und Kartoffeln machen jedoch auf leichterem Boden den Weizen unsicher, besonders nach reicher Erndte, vielleicht würde aber durch eine Knochenmehl- oder Superphosphatdüngung mit gutem Erfolge nachzuhelfen sein. Eine vorzügliche Vorfrucht ist Klee, Luzerne und Kleegras. Nach Klee tritt indess gern Lagerung ein, besonders wenn dem Klee Turnips, Runkelrüben und Kohl(?) in dem Turnus vorausgegangen sind; es scheint, dass

nicht allein die grössere Menge von Stickstoffnahrung, welche der Klee dem Boden gab, die Ursache ist, sondern auch gleichzeitig der Mangel an Kalk, Kali und Phosphorsäure. Die reichere Stickstoffnahrung treibt zu üppiger Entwicklung, aber der Halm kann sich durch die mangelhafte Incrustation der Gefässe und Zellen nicht kräftigen. Der Weizen darf nicht zu üppig entwickelt in den Winter kommen und ist es deshalb nothwendig, auf treibendem Boden spät zu säen oder da, wo eine Stallmistdüngung gegeben werden muss, früh den Dünger unterzubringen und spät zu säen, damit die treibende Kraft der frischen Düngung verloren geht. Stallmist-Ueberdüngung der jungen Saat ist hier auch wohl angebracht, dieselbe wird indess durch Superphosphat in den meisten Fällen zu ersetzen sein. Will man bei stark angegriffenem Boden nachdüngen, so ist Guano (stickstoffreicher) gefährlich, Bakerguano (phosphorsäurereicher) oder Chilisalpeter mit Knochenmehl mehr zu empfehlen. Ist der Weizen im Frühjahre sehr üppig, so lagert er sich entweder gern oder er wächst in's Stroh und giebt wenig Körner; um diesem vorzubeugen, stört man die Entwicklung durch Schröpfen, Abweiden oder Walzen. Das Walzen mag bei einem nicht gar zu üppigen Weizen, besonders wenn die Bestockung nicht zu reichlich ist, gute Dienste leisten, weil der junge Halm gebrochen und in seinem üppigen Wachsthum gestört wird. Das Schröpfen und Abweiden hat etwas Missliches, da oftmals hernach die Entwicklung zu sehr gestört ist und ein Ausfall an Körnern und Stroh eintritt; besonders ist das der Fall, wenn nach der Operation ungünstiges, das Wachsthum wenig förderndes Wetter eintritt. Sollte hier nun nicht durch nachhelfende Düngung besser einem Schaden vorzubeugen sein? Wir sind bis jetzt mit den physiologischen Functionen der einzelnen Nährstoffe noch zu wenig vertraut, um sichere Anhaltspunkte zu einer solchen Düngung geben zu können. Ist die Pflanze, ohne reichlich bestockt zu sein, üppig, so dass Lagerung zu befürchten ist, so würde vielleicht auf kalkarmem Boden eine Ueberdüngung mit Kalk nützen; bei reicher Bestockung aber, bei welcher üppige Entwicklung eine reiche Stroh-, aber eine geringe Körnererndte giebt, dürfte eine Ueberdüngung mit einem Gemische von Superphosphat und Holzasche (oder überhaupt kalireichen Stoffen), welchen auf kalkarmem Boden Kalk zugemischt wird, zum Versuche zu empfehlen sein. Ist der Weizen im Frühjahre kümmerlich entwickelt, so wird man auch

hier nachhelfen müssen und zwar durch eine Stickstoffdüngung, eine schwache Guanodüngung oder besser durch Chilisalpeter, welcher gleichzeitig Stickstoffnahrung giebt und auflösend auf die anderen Nährstoffe wirkt, während Guano eine zu üppige Entwicklung befürchten lässt. Chilisalpeter hat sich in der Praxis besser bewährt als der Guano.

In den Stoppeln und den Wurzeln giebt der Weizen dem Boden einigen Humus zurück und schafft demselben lösende Agenzien; in einem reichen bindigeren Boden kann deshalb noch eine Erndte ohne Düngung nachfolgen, vorausgesetzt, dass die Düngung zu der Vorfrucht eine reichliche war. Nach Hackfrüchten ist von einer Nachfrucht des Weizens ohne Düngung nichts zu erwarten.

Roggen.

Bestandtheile: I. nach Fresenius, II. nach Schulz-Fleth berechnet, III. Mittelzahlen.

100 Theile lufttrockner Roggen enthalten:

		Wasser	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
I.	im Korn	13	0,82	0,57	0,05	0,17	?	—	?
	im Stroh	19	0,10	0,51	0,27	0,07	?	1,89	?
II.	im Korn	13	0,80	0,58	0,05	0,19	?	0,05	?
	im Stroh	19	0,32	0,73	0,36	0,10	?	2,43	?
III.	im Korn	13	0,81	0,58	0,05	0,18	0,11	—	2,0
	im Stroh	17	0,21	0,62	0,32	0,09	0,21	2,20	0,24

Als Mittelerndte rechnet man 750 Pfd. (10 Scheffel) Korn und 1850 Pfd. Stroh und Kaff. Demnach würde einem Morgen in Pfunden entzogen nach den Mittelzahlen:

im Korn	6,1 PO_5,	4,4 KO	0,4 CaO	1,4 MgO	1,0 SO_3,	— SiO_3,	15,0 N
im Stroh	3,9 „	11,5 „	5,9 „	1,8 „	3,9 „	40,1 „	4,5 „
Summa:	10,0	15,9	6,3	3,2	4,9	40,1	19,5

Entzieht der Roggen dem Boden auch nur eine unbeträchtliche Menge von Nährstoffen, so darf er doch nicht in einen abgetragenen Boden gebracht werden; er verlangt noch einen grösseren Nährstoffvorrath, wenn auch weniger wie der Weizen, zudem ernährt er sich durch seine etwas reichere Wurzelentwicklung auch leichter als dieser. Der armblätterige Roggen vermag der Atmosphäre nur wenig Kohlensäure und Stickstoffnahrung zu entnehmen, diese müssen ihm deshalb durch den Boden geboten werden. Die

Bewurzelung befähigt den Roggen, freilich weniger wie den Hafer, als zweite Halmfrucht nach der Düngung, sowie nach Hülsenfrüchten in dritter Tracht gebaut zu werden. Seine Düngungsverhältnisse verhalten sich verschieden je nach dem Kraftzustande und der Bindigkeit des Bodens. In mehr bindigem Boden bringt man ihn gern in dritter Tracht der Düngung, nach Weizen oder Gerste, sind aber Hackfrüchte vorhergegangen (Turnips, Runkelrüben, Kartoffeln), so ist gewöhnlich der Boden zu sehr angegriffen. Auf reichem mehr gebundenen Boden kann der Roggen ebenfalls auf Weizen nach Klee folgen, vorausgesetzt, dass vor dem Klee keine Hackfrüchte standen; in dieser Anordnung dürfte eine Nachhülfe durch Superphosphat auf jedem nicht überaus reichen Boden angebracht sein. Auf weniger gebundenem und reichem Boden muss er in zweiter Tracht der Düngung folgen, nach Raps, Rübsen, Turnips, Tabak, Kohl, Mais, Hülsenfrüchten, Grünwicken, Runkelrüben, Kartoffeln u. s. w., ebenso nach Klee. Soll der Roggen auf leichterem Boden in dritter Tracht der Düngung oder in zweiter nach Klee folgen, so ist man genöthigt eine kleine Stallmistdüngung zu geben; auch würde man in diesem Falle durch eine Gründüngung, welche in die Stoppel der vorhergehenden Halmfrucht oder Hülsenfrucht angebracht und kurz vor der Saat des Roggens untergepflügt wird (Wicken, Buchweizen u. dgl.), dem Boden eine genügende Menge Humus und Stickstoff geben, deren Wirkung allenfalls durch Superphosphat verstärkt wird; wo auch dieses nicht angeht und der Roggen nicht gut durch eine andere Frucht ersetzt werden kann, wird man zu Guano und Superphosphat, zu Bakerguano, oder zu Chilisalpeter und Superphosphat seine Zuflucht nehmen müssen, was jedoch voraussetzt, dass noch einiger Humus im Boden ist. Auf armem Sandboden kann der Roggen nur nach einer Gründüngung gebracht, oder es muss zu ihm gedüngt werden (verrotteter Stallmist). Auf armem Sandboden wird gewöhnlich Roggen auf Roggen gebaut; es wird hier aber zu jeder Roggensaat eine Grün- oder Stallmistdüngung oder auch ein Hordenschlag nöthig sein. Auch der Roggen liebt auf besserem Boden eine frische Stallmistdüngung nicht besonders, doch ist sie bei ihm eher möglich als beim Weizen, weil eine üppige Entwicklung durch Beweiden im Spätherbste oder Winter leichter gestört werden kann. Der Roggen muss sich unter jeder Bedingung vor Winter bestocken, eine reichlichere Menge von

organischen Bildungsstoffen erzeugen und in der Wurzel anhäufen, ganz besonders ist dies auf allen leichten und im Frühjahr schnell austrocknenden Bodenarten nöthig, da hier im Frühjahre schnell eine solche Entwicklung stattfinden muss, dass der Boden durch die Pflanzen bedeckt ist und dadurch das Verdunsten der Winterfeuchtigkeit verlangsamt wird. Auf einem derartigen Boden wird frühzeitig gesäet, und womöglich eine Düngung von verrottetem Stallmist oder eine Gründüngung gegeben; wo die Entwicklung nicht recht vorangehen will, wird man mit etwas Guano nachhelfen; sollte bei einer solchen Behandlung der Roggen zu üppig in den Winter kommen, so lässt man ihn bei trocknem Wetter im Spätherbste oder beim Froste im Winter von Schafen beweiden. Zeigt der Roggen im Frühjahre eine zu üppige Entwicklung, so wird nichts Anderes übrig bleiben als die beim Weizen vorgeschlagenen Nachdüngungen zu versuchen, da ein Schröpfen und Beweiden hier nicht angeht. Auf gebundenerem Boden ist die Bestockung vor Winter nicht so unbedingt nöthig.

In jedem leichten Boden muss dafür gesorgt werden, dass der Boden nicht zu lose ist, damit beim Sinken die Wurzeln des jungen Roggens nicht bloss gelegt werden und das Wasser nicht zu schnell verdunstet; man muss mit der Walze oder mit Schafheerden den Boden zuerst gehörig verdichten oder mit dem Säen warten, bis der Boden sich gesetzt hat. Nach Kartoffeln ist in dieser Beziehung besonders Vorsicht nöthig.

Gerste.

Bestandtheile nach Mittelzahlen aus Analysen von Way, Schulz-Fleth, Sorby u. s. w. berechnet.

100 Theile lufttrockne Gerste enthalten:

im Korn	1,15	PO_5	0,76	KO	0,13	CaO	0,27	MgO	0,14	SO_3	1,04	SiO_3	2,00	N
im Stroh	0,35	„	0,82	„	0,36	„	0,17	„	0,53	„	1,72	„	0,27	„

Als gute Mittelerndte kann man 850 Pfd. (12 Scheffel) Körner und 1300 Pfd. Stroh ansehen; diese entnehmen dem Morgen in Pfunden:

Körner	9,8	PO_5	6,5	KO	1,1	CaO	2,3	MgO	1,2	SO_3	8,8	SiO_3	17,0	N
Stroh	4,6	„	10,7	„	4,7	„	2,2	„	6,9	„	22,4	„	3,5	„
Summa	14,4		17,2		5,8		4,5		8,1		31,2		20,5	

Die Wintergerste muss sich noch vor Winter bestocken, um dem Froste widerstehen zu können und um soviel Bildungsstoffe

zu erzeugen und in der Wurzel anzuhäufen, dass sich die Pflanze im Frühjahre zeitig entwickelt. Die Bestockung durch reichliche Stickstoffnahrung treiben zu wollen, wäre jedoch verfehlt, weil die Gerste zur Sprossenbildung besonders neigt und eine allzu reiche Bestockung durch viel Stickstoffnahrung herbeigeführt wird, wobei alsdann die Halmentwicklung und Körnerbildung leicht verkümmert wird. Besser ist es das Ziel dadurch zu erreichen, dass man die Gerste bei frühzeitiger Saat in einen nährstoff- und humusreichen Boden bringt, worin die Stickstoffnahrung schon mehr zurückgetreten ist. Zwar verlangt die Gerste auch noch einen ziemlichen Vorrath von Stickstoffnahrung, weil sie selbst von der Atmosphäre wenig empfangen kann, ist aber der Vorrath ein grösserer, so wird das Korn zu stickstoffreich und ist zu Braugerste nicht geeignet, wohingegen sie dann eine vortreffliche Schälgerste liefert. Wo man Braugerste bauen will, muss man die frische Düngung mit Stallmist fliehen, und sie in einem sehr reichen Boden erst in dritter Tracht einer starken Düngung bringen; im letzten Falle z. B.: 1. stark gedüngter Raps, 2. Weizen, 3. Gerste, wenn der Weizen früh genug das Feld räumt. Auf jedem nicht überaus reichen Boden folgt sie am besten nach einer stark gedüngten Vorfrucht, nach Raps, Rübsen, Bohnen u. s. w. und nach Klee. Wenn man Schälgerste auf weniger reichem Boden bauen will, kann man sie in dritter Tracht der Düngung nach einer Halmfrucht bringen, muss aber eine schwache Stallmistdüngung geben, die entweder frühzeitig untergepflügt wird, oder länger auf dem Felde liegen bleibt, um ihr die starktreibende Eigenschaft zu nehmen. Vielleicht liesse sich an dieser Stelle in einem humusreichen Boden durch Superphosphat die Stallmistdüngung ersetzen. Die Gerste erschöpft den Boden wenig und steht sie in zweiter Tracht der Düngung, so kann ihr noch eine Halmfrucht folgen (Roggen, Hafer); steht sie in dritter Tracht, so ist nach ihr ohne neue Düngung nichts anzufangen. In vielen Gegenden folgen auf die Gerste Stoppelrüben, die aber wohl in jedem Falle, besonders aber wenn die Gerste in dritter Tracht gestanden hat, eine entsprechende Düngung empfangen müssen. Vergl. das früher über Stoppelrüben Gesagte.

Sommerweizen, Sommergerste.

Die Vegetationsperiode der Sommerhalmfrüchte ist eine weit kürzere als die der Winterhalmfrüchte, ihre physiologischen Processe sind mehr zusammen gedrängt, oder, wie man gewöhnlich sagt, das Wachsthum ist ein schnelleres. Dieser Verhältnisse halber müssen die Nährstoffe in grösserer Menge geliefert werden, sie müssen schneller zur Auflösung kommen; man wird also die Sommerhalmfrüchte nur auf einen Boden bringen, der genug lösende Agenzien (Humus) enthält, um die Nährstoffe schnell zur Auflösung zu bringen, dabei muss der Boden locker und leichtdurchlüftbar sein, um die Kohlensäureerzeugung möglichst zu fördern; man wird diese Gewächse also nicht in schwererem, weniger leicht durchlüftbarem Boden bauen, es sei denn, dass er sich in alter Kraft befinde. In ihrer ersten Entwicklungsperiode ertragen die Sommerhalmfrüchte mehr Kälte als die entsprechenden Winterfrüchte.

Der Sommerweizen wird da am meisten angebaut, wo das Klima dem Winterweizen nicht zusagt, in rauheren Gegenden, besonders im Gebirge. Wie schon vorhin bemerkt wurde, muss er in einen nährstoff- und humusreichen Boden gebracht werden, dem aber ein Uebermaass von Stickstoffnahrung entzogen ist, nach einer starkgedüngten Vorfrucht. Indess verträgt er auch eine frische Stallmistdüngung und wird man dieselbe da anwenden, wo der Boden ärmer an Nährstoffen und Humus geworden ist. Wo der Stallmist fehlt, kann man auch durch eine Gründüngung, welche im Sommer gesät und vor Winter untergepflügt wird, dem Boden Humus verschaffen; man wird alsdann gut thun, die Gründüngung durch Superphosphat zu verstärken. Manchmal wird auch Sommerweizen in ein Feld angebaut, welches für Winterweizen bestimmt ist, wenn nämlich ungünstige Witterung oder andere Verhältnisse die Saat des letzteren verhinderten. In manchen Gegenden ist man ein grösserer Freund von Sommerweizen und bringt ihn hinter die Hackfrüchte, worauf mit neuer Düngung Roggen folgt. Nach ausgegangenem Raps gesäet, bringt er bedeutende Erträge. In reichem Boden ist der Sommerweizen überhaupt zu guten Erträgen fähig.

Die Sommergerste wird viel häufiger angebaut als die Wintergerste, trotzdem ihr Ertrag nicht oft der letzteren gleichkommt. Man lässt sie am liebsten nach Hackfrüchten folgen und findet sie

hier die ihr am meisten zusagende Nährstoffmischung. Häufig bringt man sie auch hinter andere Halmfrüchte und in dritte Tracht der Düngung; man wird bei dieser Stellung auf den allermeisten Bodenarten mit Stalldünger nachhelfen müssen, und geschieht dies, indem man den Stallmist vor Winter auffährt und unterpflügt. Zweckmässiger ist das in der Pfalz häufiger angewandte Verfahren, in die Wintergetraidestoppel Wicken oder Raps oder Rübsen zu säen, dieselben vor Winter unterzupflügen und Gerste im Frühjahre hinein zu säen; um die Wicken u. s. w. zur gehörigen Entwicklung zu bringen, wird gegypst. Auf nicht sehr reichem Boden dürfte die Gründüngung durch Knochenmehl oder Superphosphat zu verstärken sein.

Hafer.

Bestandtheile I. nach Boussingault, II. nach Mittelzahlen; als gute Mittelerndte wird angenommen 900 Pfund Körner und 1500 Pfd. Stroh vom Morgen.

100 Theile lufttrockner Hafer enthalten:

		Wasser	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
I.	im Korn	20,8	0,47	0,41	0,12	0,24	0,03?	1,68	1,77
	im Stroh	28,7	0,11	0,89	0,30	0,10	0,15?	1,45	0,27
II.	im Korn	13,0	0,56	0,48	0,09	0,29	0,25	1,90	2,00
	im Stroh	29,0	0,07	0,44	0,26	0,17	0,59	1,96	0,28

Einem Morgen Land wird entzogen:

	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
mit Körnern	5,3	4,3	0,8	2,6	2,3	17,1	18,0
mit Stroh	1,1	6,6	3,4	2,6	8,9	29,4	4,2
in Summa	6,4	10,9	4,2	5,2	11,2	46,5	22,2

Was die Kleewurzel unter den Futterkräutern, das ist die Haferwurzel unter den Cerealien und Hülsenfrüchten; die Hafer bewurzelt sich stark und erzeugt eine grosse Menge von Wurzelfäden; sie kann deshalb in einem Boden stehen, der weniger Nährstoffe und Humus enthält, nach Halmfrüchten, Hülsenfrüchten u. s. w. Die reichen Erträge, welche Hafer, besonders auch im leichteren Boden liefert, sollten die Landwirthe bestimmen, sie nicht als Aschenbrödel zu behandeln. Man findet sie am Rheine meistens nach Klee; wo aber Lager zu befürchten ist, lässt man gewöhnlich eine andere Halmfrucht vorhergehen und säet in deren Stoppel die Hafer. Die Hafer verträgt eine frische Stallmistdüngung sehr

gut, und deshalb kann man sie an jede beliebige Stelle der Fruchtfolge bringen; oft düngt man zur Hafer mit Stallmist und lässt eine andere Halmfrucht ohne Düngung darauf folgen; uns scheint das eine gute Einrichtung zu sein, denn die Hafer liefert einen grossen Ertrag, consumirt wenig Humus und verhindert die Zersetzung des Humus ähnlich wie Blattfrüchte. Wollte man zur Hafer noch die Düngung durch Knochenmehl unterstützen, so würde man Stallmist sparen können und auf einen besseren Ertrag der nachfolgenden Halmfrucht rechnen dürfen. Steht in kalkarmem Boden die Hafer nach Klee, dem Hackfrüchte vorhergegangen sind, so dürfte es sich lohnen, durch Mergel oder Kalk das Kalkbedürfniss der Hafer zu befriedigen; freilich ist es vortheilhafter, eine solche Düngung schon zum Klee zu geben. Will man die Hafer als abtragende Frucht in einen schon sehr angegriffenen und humusarmen Boden bringen, so wird man mit einem Gemenge von Chilisalpeter, Superphosphat und Kalk (letzterer jedoch nur in kalkarmem Boden) einen guten Ertrag möglich machen; der Chilisalpeter wirkt ganz vorzüglich lösend auf die letzten Reste der Nährstoffe. Auf leicht austrocknendem Boden muss man dafür sorgen, dass die Hafer schnell aufgeht, damit der Boden eine Bedeckung erhält und ihm die Winterfeuchtigkeit länger erhalten bleibt; etwas Guano mit der Saat gegeben, wird dies herbeiführen.

Lein.

Bestandtheile I. nach Schulz-Fleth's Angaben (N nach Eisenstuck), II. nach Mittelzahlen für ganze Pflanzen. Als Mittelerndte nimmt man pro Morgen an 2500 Pfd. Stengel und 53 Pfd. Samen, in Summa 2550 Pfd.

		Wasser	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
I.	Samen	13	0,97	0,88	0,26	0,11	?	0,04	3,59
	Stengel	12	0,25	0,71	0,70	0,14	?	0,26	?
II.			0,35	0,47	0,48	0,28	?	1,62	

Die Mittelerndte entnimmt dem Morgen:

	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
nach I. berechnet	6,8	18,2	17,7	3,6	?	13,0	?
nach Fresenius	8,8	12,1	12,1	7,3	6,5?	41,2	?

Empfängt die Leinpflanze viel Stickstoffnahrung vom Boden aus, so entwickelt sie sich zwar üppig und bildet reichlich Samen, der Bastfaser fehlt es aber an Feinheit; man erndtet eine grosse

Quantität, aber schlechte Qualität. Man muss deshalb darauf bedacht sein, den Lein in ein Feld zu bringen, das reich an Nährstoffen und Humus ist, dem aber ein Uebermaass von Stickstoffnahrung genommen wurde, also nach Runkelrüben, Kartoffeln, Möhren, Hanf u. s. w.; nach Hackfrüchten dürfte in leichterem und ärmerem Boden jedoch häufig nicht Kali genug zu Lein vorhanden sein, und würde man diesem Mangel durch Holzaschendüngung oder dergl. abzuhelfen haben. Der Lein, dessen Bewurzelung nicht üppig ist, verlangt einen gut und tief gelockerten Boden, und hat er deshalb gerade hinter Runkelrüben, Kartoffeln und Möhren die beste Stelle. In einigen Gegenden rechnet man auf eine bessere Qualität, wenn man hinter die gedüngte Hackfrucht gedüngte Hafer bringt und hierauf den Lein ohne Dünger folgen lässt. Es dürfte sich dies daraus erklären, dass die Hafer dem Boden wenig Kali entnimmt. Folgt der Lein auf Halmfrüchte und muss zu ihm gedüngt werden, so ist es nöthig, den Stallmist vor Winter unterzupflügen oder ihn den Winter über auf dem Felde liegen zu lassen und ihn im Frühjahre recht früh unterzupflügen, oder auch ihn im Frühjahre dick aufzufahren und ihn kurz vor der Saat abzueggen. Das letztere Verfahren findet man am Rhein und in Belgien häufig und ist von gutem Erfolge, es wird selbst dann noch angewendet, wenn auch zur Vorfrucht gedüngt worden ist. Nach Klee folgt der Lein gern; wo es auf feine Qualität ankommt, würde auf reichem Boden auch zu viel Stickstoffnahrung im Kleedriesche zugegen sein, und müsste noch eine Halmfrucht zwischen geschoben werden. Guano, Rapskuchen u. dgl. wird als Leindünger gerühmt; man darf hierbei aber nicht auf feine Qualität rechnen, es sei denn in einem kalten, physikalisch wenig thätigem Boden, in welchem die Zersetzung sehr langsam vor sich geht. Auf kalkreichem Boden scheint die Qualität des Flachses auch nicht die beste zu sein. Eine gute Qualität von Flachs zu erzeugen, wird die besondere Aufgabe des Landwirthes sein und scheint dies nur in einem Boden erreicht werden zu können, der wenig Stickstoffnahrung, wenig Kalk, möglichst wenig Kieselsäure und viel Kali und Phosphorsäure enthält, und dieses würde wohl zu erreichen sein auf nicht zu leichtem Boden in einem guten Kleedriesche, wenn in dasselbe Hafer gebracht wird und diesem der Lein folgt und zu letzterem mit einem Gemenge von Chilisalpeter, Superphosphat und viel eines kalireichen Stoffes gedüngt wird; dem Klee müssen zwei Halmfrucht-

erndten vorangegangen sein, um den Boden möglichst arm an aufnehmbarer Kieselsäure zu machen — eine Methode, die ich freilich noch nirgendwo in Anwendung gesehen habe, die aber auf physiologischen Principien beruht. Die gute Wirkung von kalireicher Düngung wird von vielen älteren Agrologen (Koppe, Schweitzer, Kreissig, Schwerz) hervorgehoben.

Die Bodenstatik.

Um die Fruchtbarkeit eines Bodens zu erhalten, muss zwischen Erschöpfung und Ersatz ein Gleichgewichtszustand herbeigeführt werden, und dieses Gleichgewicht kann man Bodenstatik nennen*). Kaum war ein wissenschaftlicher Geist in die Landwirthschaft eingedrungen, als sich auch die Nothwendigkeit einer Bodenstatik ergab; wir finden ihre Anfänge also schon in der ersten Zeit der wissenschaftlichen Begründung der Landwirthschaft. Versuche einer Bodenstatik und Landbaustatik finden wir bei den älteren Agrologen mehrere, und tragen sie auch den Stempel der Wissenschaftlichkeit, sind manche auch geistreich ausgeführt, so können wir sie dennoch nicht als sichere Grundlagen der Praxis betrachten. So lange als die Landwirthschaft noch nicht naturwissenschaftlich erklärt ist, so lange als die Naturgesetze der Landwirthschaft noch nicht gehörig ergründet sind, ist an eine Bodenstatik noch nicht zu denken. Man wird von mir also auch nicht mehr als Andeutungen verlangen können.

Das, was dem Boden verloren geht, muss ihm ersetzt werden; wir haben also als 2 Momente, I. die Erschöpfung, II. der Ersatz.

I. Erschöpfung. Wir haben bereits gesehen, dass der Verlust des Bodens dreifacher Art ist: 1) durch Erndten, 2) durch Regen, welcher gelöste Stoffe in den Untergrund hinabführt, und 3) durch Verflüchtigung. Diese Hauptelemente der Bodenstatik bedürfen der gründlichsten Untersuchung. Um die Untersuchung und ihre Nutzanwendung zu erleichtern, werden wir verschiedene physikalische Bodenklassen zu unterscheiden haben; es wird meines

*) Die Landbau- oder Ackerbaustatik zerfällt in Wirthschaftsstatik und Bodenstatik, letztere gehört mit zu den Grundlagen der Wirthschaftsstatik; beide sind also nicht miteinander zu verwechseln.

Erachtens genügen, die Bodenarten in solche 1. mit grösserer Bindigkeit und geringerer Durchlässigkeit — schwere — 2. mit mittlerer Bindigkeit und mittlerer Durchlässigkeit — Mittelboden — 3. mit geringer Bindigkeit und grösserer Durchlässigkeit — leichter Boden — zu unterscheiden.

1. Verlust durch Erndten. Gerade hierin haben die älteren Agrologen am meisten geirrt und finden wir diesen Irrthum bei vielen heutigen Agrologen wieder; diejenigen Pflanzen, welche den Boden am wenigsten erschöpfen, hielt man für die angreifendsten, manche stark erschöpfenden für wenig angreifend, sogar für bereichernd. Man vergleiche nur die Erschöpfungsangaben für die Culturgewächse von Block und Hlubek; da stehen die Cerealien in erster Reihe, die Kleearten aber als bereichernde Früchte. Von älteren Agrologen hat Nep. von Schwerz das Verdienst, die Erschöpfung zuerst in einer Weise dargestellt zu haben, die der Wirklichkeit nahe kommt. Um die Erschöpfung festzustellen, ist es nöthig, die Bestandtheile der Erndten genauer zu untersuchen und zwar unter verschiedenen Boden- und äusseren Verhältnissen, vorzugsweise in feuchtem und trocknem Boden, in kalkarmem und kalkreichem Boden — als kalkarm muss derjenige Boden angesehen werden, dem durch wenige Erndten der Kalkgehalt zum grössten Theil entzogen werden kann. — Die letztere Untersuchung ist deshalb nöthig, weil der Kalkgehalt des Bodens auf die Erschöpfung des Kalis von wesentlichem Einflusse ist. Ich habe in dem letzten Capitel für die wichtigsten Culturgewächse die Bestandtheile der Erndte berechnet; aber die Angaben daselbst lassen viel zu wünschen übrig. Bei den Analysen ist hauptsächlich Rücksicht zu nehmen auf Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Chlor und Stickstoff. Die Schwefelsäure darf nicht durch Einäscherung bestimmt werden, weil dabei ein grosser Theil des organischen Schwefels verflüchtigt wird. Dann müssen auch die einzelnen Pflanzentheile, welche bei den Culturpflanzen gesondert werden, der Analyse unterliegen, bei Cerealien z. B. Korn, Stroh, Spreu, beim Raps Stroh, Körner, Schoten, Strünke. Weil die Erschöpfung sowohl die pflanzlichen Nährstoffe, als auch die lösenden Agenzien betrifft, so muss auf beide Rücksicht genommen werden; wie früher gezeigt wurde, ist die aus dem Humus hervorgehende Kohlensäure das wichtigste lösende Agenz, und fällt deshalb die Erschöpfung der lösenden Agenzien unter 3.

2. Verlust durch Regen. Das aus der Ackerkrume in den Untergrund sinkende Wasser nimmt eine nicht unbeträchtliche Menge von Nährstoffen mit fort, und zwar um so mehr, als die Ackerkrume durchlässiger ist. Diese Verluste müssen durch ausführliche Versuche festgestellt werden, und zwar in den verschiedenen Bodenarten, in schwerem, mittlerem und leichtem Boden. Zu diesem Zwecke wird es nöthig sein, kleinere Versuchsparzellen in 1 Fuss Tiefe eng zu drainiren und auf diesen Parzellen in einer guten Fruchtfolge die Culturgewächse anzubauen. Der grösste Theil der Wurzeln verbreitet sich in der oberen Schicht von 1 Fuss, die Nährstoffe, welche tiefer hinabgespült werden, kommen nur zu einem sehr kleinen Theile den Culturpflanzen zu gut. Das durch die Drainröhren abfliessende Wasser wird gesammelt und analysirt, und die aus der Ackerkrume hinabgewaschene Nährstoffmenge auf Procente der von der letzten Düngung noch im Boden befindlichen Nährstoffe berechnet. Um die so gewonnenen Zahlen für die Praxis brauchbar zu machen, muss bestimmt werden, wie viel Zoll von dem gefallenen Regen bei jeder Fruchtgattung auf schwerem, mittlerem und leichtem Boden aus der Ackerkrume in den Untergrund eindringen und wie viel Procente der Nährstoffe, welche von der letzten Düngung (Turnus- und Beidüngung) noch im Boden sind, mit 1 Zoll in den Untergrund versickernder Regenhöhe hinabgespült werden. Aus diesen Zahlen und der Regenhöhe lassen sich für jede Gegend die mittleren Verluste für ungewöhnlich nasse, normalfeuchte und trockne Jahre berechnen — Angaben, die für die Praxis genügen.

3. Verflüchtigung. Hauptsächlich sind es Ammoniak und Humus, die der Boden durch Verflüchtigung verliert. Das Ammoniak kann nur in äusserst geringen Mengen sich aus dem Boden verflüchtigen und können wir diesen Verlust gegenüber den bedeutenden Mengen, welche die Atmosphäre der Pflanze liefert, unberücksichtigt lassen. Der Humus hingegen zersetzt sich fortwährend und die Kenntniss von der Grösse seines Verlustes ist unbedingt nöthig zur Begründung der Bodenstatik. Wieviel Humus wir dem Boden durch Dünger geben, ist aus dem Kohlenstoffgehalt des Düngers leicht zu berechnen. Rechnet man zu dem durch Dünger gegebenen Humus den im Boden bereits enthaltenen (ebenfalls aus dem Kohlenstoffgehalt des Bodens vor der Düngung berechnet), so haben wir den Humusvorrath und ergiebt sich aus der Bestimmung

des Kohlenstoffgehaltes nach jeder Erndte, wieviel Humus aus dem Boden während der Vegetation des betreffenden Gewächses verflüchtigt wurde. Es muss jedoch auch von dem Humusvorrath der Humus in Abrechnung gebracht werden, welchen die Erndterückstände dem Boden geliefert haben. Die Humusverflüchtigung ist je nach dem Blätterreichthum des Gewächses sehr verschieden; unter blattarmen Cerealien zersetzt sich der Humus mehr als unter den blattreichen Hülsenfrüchten. Es muss die Humuszersetzung für die verschiedenen Gewächse in schwerem, mittlerem und leichtem Boden festgestellt werden. Die Humuszersetzung, welche die Vorbereitung des Bodens zur Pflanze begleitet, fällt natürlich der betreffenden Frucht zur Last. Die mittlere Jahrestemperatur dürfte hierbei auch zu berücksichtigen sein.

Wo durch gewisse Stoffe die physikalische Beschaffenheit eines Bodens erhalten bleibt, muss für deren beständige Gegenwart gesorgt werden. Vorzugsweise haben wir hier Kalk und Humus in Betracht zu ziehen, die aus dem Boden fortgehen, und die physikalische Beschaffenheit desselben beeinflussen. Mancher Thonboden hat gewisse Procente Humus und Kalk nöthig, um physikalisch gut zu sein, und diese müssen ihm verbleiben, es darf der Gehalt an diesen Stoffen sich wohl vermehren, aber niemals unter die dem Boden nöthige Menge sinken.

II. Ersatz. Der Ersatz geschieht durch Düngung, durch eigene Production, durch Verwitterung und durch die Atmosphäre. Ersatz durch Düngung. Die Zusammensetzung der Dünger muss bekannt sein, und besonders gilt das von dem Hauptdünger, dem Stallmiste. Damit die Zusammensetzung des letzteren als Grundlage für die Bodenstatik und Praxis gebraucht werden kann, muss der Mist unter den gangbaren Fütterungsnormen untersucht werden, denn es ist leicht einzusehen, dass die Zusammensetzung des Mistes je nach der Art der Fütterung der Thiere sehr verschieden sein muss. Bei der Untersuchung sind die mineralischen Stoffe, der Kohlenstoff und der Stickstoff zu berücksichtigen. Die Schwefelsäure darf hier ebenfalls nicht aus der Asche bestimmt werden. Bei den Düngeranalysen muss demnach stets die in der Wirthschaft übliche Fütterungsnorm angegeben sein. Rindvieh-, Pferde- und Schweinedünger werden gewöhnlich zusammen auf den Hof gebracht und miteinander vermischt, wohingegen der Schafdünger in der Regel unvermischt benutzt wird und deshalb

auch unvermischt analysirt werden muss. Der Untersuchung des Stalldüngers ist bis jetzt viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden, besitzen wir solcher doch kaum ein halbes Dutzend (von Boussingault, Völker, Rautenberg, E. Wolf), während die Kunstdünger zu hunderttausenden untersucht wurden. Die menschlichen Excremente und die Pferchdüngung sind ebenfallss mit zu berücksichtigen. Wieviel Nährstoffe dem Boden durch Pferchdüngung gegeben werden, ist leicht zu berechnen, wenn die Schafexcremente analysirt sind und untersucht wird, wieviel Excremente 100 Schafe an einem Tage auf einer bestimmten Fläche absetzen. Bei Moder, Moorerde, Torf u. s. w. ist auch auf den Gehalt an organischem Kohlenstoff Rücksicht zu nehmen, um daraus den Humus berechnen zu können; vielleicht genügt hierzu auch eine einfache Bestimmung der verbrennlichen Substanz. — Durch die eigne Production kann der Boden nur Humus und Ammoniak gewinnen, nicht aber anorganische Nährstoffe. Diese eigene Production besteht entweder in Gründüngung oder in den Erndterückständen. Die Gewächse lassen in den Wurzeln und Stoppeln eine grössere oder geringere Menge organischer Substanz im Boden zurück; es muss nun bekannt sein, wieviel hiervon von jedem Gewächse auf schwerem, leichtem und mittlerem Boden geliefert wird, und zwar wird man festzustellen haben, wie sich die Mengen der Rückstände zu den abgeerndteten Mengen verhalten, und wieviel Proc. Kohlenstoff und Stickstoff in den Rückständen enthalten ist. Mit diesen Zahlen lässt sich aus der jedesmaligen Erndtemenge berechnen, wie viel der Boden in den Rückständen empfangen hat. Das Mengenverhältniss der Wurzel zu den oberirdischen Theilen ist immer nahezu gleich, wenigstens sind die Abweichungen nicht so bedeutend, dass die Verhältnisszahlen für die Praxis nicht brauchbar wären. Werden mehr oberirdische Theile producirt, so werden auch mehr Wurzeln erzeugt. Bei reifenden Gewächsen dürften die Samen auszuschliessen sein; es wird hier wahrscheinlich das Verhältniss zwischen Wurzeln und Stroh das richtigere sein. Um die Wurzelrückstände der Menge nach gehörig bestimmen zu können, wird man die Ackerkrume auf einer kleinen Fläche (4—8 Quadratfuss) abtragen müssen, die Erde mit den Stoppeln in ein grosses Sieb bringen und so lange Wasser darauf laufen lassen (unter einer Pumpe) bis alle Erde abgeschwemmt ist. Die Wurzeln und Stoppeln lassen sich alsdann von den im Siebe zurückgebliebenen Steinen

trennen. Alle anderen Methoden der Trennung von Wurzeln und Erde sind unzuverlässig. Bei der Gründüngung sind nicht blos die oberirdischen Theile zu bestimmen und zu untersuchen, sondern auch die Wurzeln. Die in den Wurzeln u. s. w. enthaltenen Mineralstoffe sind nicht als hinzugekommen zu betrachten, sie wurden dem Boden entnommen, nur Luzerne, Esparsette, Topinambur und Hopfen machen hiervon eine Ausnahme. Man darf wohl annehmen, dass die mineralischen Stoffe, die bei Luzerne nach dem dritten, bei Esparsette nach dem zweiten, bei Hopfen nach dem dritten Jahre geerndtet werden, aus dem Untergrunde stammen und als Zufuhr zu dem Düngercapital der Wirthschaft zu betrachten sind. — Von einer Zufuhr durch Verwitterung kann da wohl nur die Rede sein, wo sich im Boden noch unverwitterte Gesteinsfragmente finden, also im Lehmboden. Die Zufuhr an anorganischen Stoffen scheint nicht beträchtlich zu sein, doch wäre es nöthig, ihre Grösse zu bestimmen. Es wird dies nur auf einer Parzelle bestimmt werden können, die eine Reihe Jahre hindurch bestellt wird, und wenn eben nur so viel dem Boden zurückgegeben wird, als durch Erndten und durch Hinabspülen in dem Untergrund weggeht. Wenn in den Erndten mehr anorganische Stoffe enthalten sind, als der Parzelle zugeführt wurden, so rühren diese von der Verwitterung her. Am besten wählt man einen Boden, der abwechselnd so lange Klee und grün abgeschnittene Hülsenfrüchte getragen hat, bis diese Gewächse nicht mehr fortkommen und der Boden als erschöpft zu betrachten ist. Alsdann giebt man eine Braache mit starker Düngung und baut in dieser Düngung eine Reihe von Jahren Früchte, und zwar nach einer guten Fruchtfolge; am besten wird man den Turnus mehrere Mal wiederkehren lassen. — Ersatz durch die Atmosphäre. Derselbe bezieht sich hauptsächlich auf Stickstoffnahrung; die Pflanze nimmt aus der sie umgebenden Luft Ammoniak und Salpetersäure auf, beide Stoffe werden durch die atmosphärischen Niederschläge dem Boden zugeführt, und bei der Verdunstung des Wassers aus Boden und Pflanze erzeugt sich salpetrigsaures Ammoniak. Wie gross die Mengen sind, welche auf diese Weise der Vegetation zu Gute kommen, lässt sich direct wohl nicht ermitteln. Wir werden aber für jede Fruchtfolge die Zufuhr aus der Atmosphäre bestimmen können, wenn man von dem in den Erndten und in den Erndterückständen enthaltenen Stickstoff den durch Dünger gegebenen abzieht. Wenn man bedenkt, dass grosse Mengen Stick-

stoffnahrung (Salpetersäure) mit in den Untergrund hinabgewaschen werden, so ist es klar, dass die Zufuhr aus der Atmosphäre noch grösser sein muss, als die Differenz zwischen Erdte und Erndterückständen einerseits und Düngung andrerseits.

III. Eine wichtige Abtheilung der Bodenstatik bildet die Nährstoffmenge, welche jede Frucht im Boden zu ihrem guten Gedeihen voraussetzt. Die Gewächse bedürfen einen weit grösseren Reichthum an Nährstoffen, als ihre Erndtemassen Nährstoffe enthalten; die Pflanzen verhalten sich in dieser Beziehung je nach ihrer Bewurzelungsfähigkeit sehr verschieden, wie früher schon gezeigt worden ist. Um nun zu untersuchen, wieviel Nährstoffe und in welchem Verhältnisse die Pflanzen dieselben bedürfen, würde folgende Methode am zweckmässigsten sein. Ein zu 1 Fuss Tiefe eng drainirtes Feld wird durch auf einander folgende Grünfuttererndten (Klee, grüne Hülsenfrüchte u. s. w.) so viel wie möglich erschöpft, darauf gebraacht, mit Stallmist stark gedüngt und in einer guten Fruchtfolge bestellt. Die Fruchtfolge muss dem Boden und der Düngung angepasst sein. Die in dem Dünger enthaltenen pflanzlichen Nährstoffe und lösenden Agenzien, also anorganische Stoffe und Stickstoff und der sich bildende Humus bilden das Düngercapital, und die Menge dieser Stoffe ist die Nährstoffmischung und Nährstoffmenge der ersten Frucht. Wir wollen die Fruchtfolge Raps, Weizen, Roggen, Klee, Hafer nehmen. Nachdem der Raps geerndtet ist, verblieb dem Boden eine Nährstoffmenge, welche entspricht den gesammten Stoffen der Düngung minus der durch die Erndte hinweggenommenen und in den Untergrund hinabgewaschenen und des verflüchtigten Humus plus des durch die Erndterückstände hinzugekommenen Humus und Stickstoffs. Die Menge der so gefundenen anorganischen Nährstoffe, des Stickstoffs und Humus ist die Nährstoffmenge für den Weizen. So lässt sich die Nährstoffmenge für jede einzelne Frucht des Turnus berechnen; gedeihen die Früchte alle vorzüglich, so ist die Nährstoffmenge und Nährstoffmischung passend, ist die Production nicht ergiebig genug, so ist für die betreffenden Pflanzen die Nährstoffmenge oder Nährstoffmischung nicht genügend. Hätten wir z. B. die Fruchtfolge Runkelrüben, Sommergerste, Klee, Weizen, Hafer gewählt, so wäre zu erwarten, dass Klee und Hafer keine reiche Erndten liefern, weil für Klee zu wenig Kali und Schwefelsäure, für Hafer zu wenig Phosphorsäure zugegen sei; man würde

die Versuchsparzelle theilen und auf der einen Abtheilung die Früchte wie oben angegeben bauen, auf der zweiten Abtheilung aber zum Klee Holzasche und Gyps, zur Hafer Superphosphat geben. Zum Klee hätten wir also eine Nährstoffmenge, welche der Hauptdüngung minus der mit den Erndten weggegangenen und in den Untergrund gespülten Nährstoffe, des verflüchtigten Humus, plus des in den Erndterückständen erzeugten Humus- und Stickstoffes, der Holzasche und des Gypses entspräche. Gedeiht hierbei der Klee besser als auf der ersten Abtheilung, so ist natürlich die letztere Nährstoffmenge und Nährstoffmischung passender. Durch solche Versuche würden wir für jede Pflanze und für die verschiedene Stellung derselben in der Fruchtfolge die ihr passendste Nährstoffmenge und Nährstoffmischung finden. Auf Grund dieser Zahlen würde der Landwirth berechnen können, ob sein Feld noch die Nährstoffmischung und Nährstoffmenge enthält, welche von der zu bauenden Pflanze gefordert wird.

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, können alle die Versuche, welche zur Begründung der Bodenstatik dienen sollen, nur auf einem Versuchsfelde angestellt werden, welches so drainirt ist, dass das aus der Ackerkrume nach unten gehende Wasser aufgefangen werden kann. Zwar wird durch die hochliegende Drainage die Bearbeitung mit Vorsicht auszuführen sein, da dergleichen Versuche aber nur auf kleinen Parzellen angestellt werden können, so hat das nicht viel zu sagen. Von den vorstehend geschilderten Elementen der Bodenstatik sind nur wenige bis jetzt untersucht, und was bekannt ist, entspricht eben auch noch nicht den Anforderungen, die wir zur Begründung der Bodenstatik stellen müssen. Es bleibt für die Chemiker noch ein grosses Feld der Thätigkeit offen, und jenen Landwirthen, welche zur Ansicht gekommen sind, dass die landwirthschaftlichen Versuchsstationen keinen rechten Zweck hätten, will ich nur das Wort „Bodenstatik!“ zurufen, um sie von ihrem Vorurtheile oder Irrthume zu überzeugen. Gerade den Versuchsstationen, freilich auch den landwirthschaftlichen Lehranstalten fallen die Arbeiten zu, die wir vorstehend erörtert haben, und erst in den Resultaten dieser Arbeiten ist das Material zu der den Landwirthen so nöthigen Bodenstatik gegeben. Auf die Bodenstatik gestützt, kann der Griffel dem Landwirthe mit Sicherheit zeigen, was er von seinem Boden zu erwarten hat, wie er den Früchten nachhelfen muss,

wie er mit Vortheil in seine Fruchtfolge eingreifen und dieselbe abändern darf — und das Alles ist Geld, wenn er es zu benutzen weiss. Grosse Mühen hat er nicht davon, da es leicht ist die Erndtemengen und die Düngermengen zu bestimmen, welche er von seinem Boden nimmt, welche er hinzu führt.

Zusammensetzung des Mistes.

100 Theile Mist enthalten:

		Trocksubst.	P_2O_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
I.	frisch	25,00	0,23	0,50	1,00	0,12	0,06?	0,72	0,50
	6 Monate alt	25,00	0,46	0,50	2,02	0,14	0,13?	1,71	0,62
II.	einige Wochen alt	25,00	0,32	0,75	?	?	?	?	0,78
III.	frisch	25,00	0,13	0,35	0,41	0,12	0,08?	0,8	0,41
	1 Jahr alt	25,00	0,34	0,52	1,16	0,28	0,12?	2,3	0,53
IV.	halbverrottet	20,60	0,20	0,52 KO u. NaO	0,58	0,24	0,13?	3,51	0,41

I. ist eine Analyse von Völker, II. von Rautenberg, III. von E. Wolf, bei welcher sich ausser dem KO auch noch 0,3 KCl fanden, IV. von Boussingault, in welcher die unter SiO_3 stehende Zahl Kieselsäure, Sand und Thon bedeutet. III. ist aus dem Rindviehstalle, IV. wurde von Rindvieh, Pferden und Schweinen geliefert.

Die Wiese.

Der Boden eines Gutes wird um die mit den verkauften Früchten und Thieren ausgeführten anorganischen Stoffe ärmer und werden sie ihm nicht ersetzt, so wird der Boden seine Fruchtbarkeit verlieren. Da wo der Ersatz für die ausgeführten Stoffe nicht durch Ankauf von Beidüngern geleistet wird, muss dies durch die Wiese geschehen. Die Wiese producirt alljährlich eine grosse Menge von organischer Substanz, dieselbe wird dem Viehe verfüttert und vermehrt das Düngercapital der Wirthschaft; mit dem eingeführten Heu werden aber auch eine grosse Menge anorganischer pflanzlicher Nährstoffe dem Düngercapital zugeführt und kommen dem Ackerboden wieder zu Gute. Aber nur diejenige Wiese kann diesem Zwecke entsprechen, welche grosse Mengen Pflanzensubstanz erzeugt, welche lohnende Erträge liefert, ohne aus der Wirthschaft Dünger zu empfangen. Es wird nun aber wenig Wiesen geben, die ohne anorganische Nährstoffe zu empfangen, andauernd lohnende Erträge liefern; es ist dies nur von solchen Wiesen zu erwarten, in deren Vegetationskrume von unten Wasser aufsteigt, wodurch auch grössere Mengen von anorganischen Stoffen der Vegetationskrume zugeführt werden. Alle anderen Wiesen müssen anorganische pflanzliche Nährstoffe empfangen und diese müssen ihnen durch Bewässerung zugeführt werden. Jedes Wasser enthält eine grössere oder geringere Menge von Stoffen gelöst (vergl. S. 84) und um sie aus dem Wasser zu gewinnen und sie dem Ackerbaue zuzuführen, benutzen wir die Wiese. Das Wasser dringt auf der Wiese in den Boden ein, es verdunstet zum Theil wieder, lässt aber die in ihm gelösten Stoffe zurück, welche alsdann von den Wurzeln den Pflanzen zugeführt werden. Je mehr Wasser auf eine Wiese geführt wird, um so mehr pflanzliche Nähr-

stoffe empfängt die Wiesenvegetation. Die vollkommenste Art der Bewässerung ist die Berieselung, weil durch sie der Wiese am meisten Stoffe zugeführt werden; weniger zweckmässig ist die gewöhnliche Bewässerung, bei welcher nur im Frühjahre, Sommer und Herbste für kurze Zeit das Wasser auf die Wiese geführt wird.

Das Wasser enthält in den meisten Fällen die Kalk- und Natronsalze in grösserer Menge (vergl. S. 84), die Kali-, Magnesia- und Phosphorsäuresalze nur in sehr geringer Menge. Dringt das Wasser in den Boden ein, so werden Kali, Magnesia, Phosphorsäure, Kalk und Natron absorbirt; bei der Absorption der Kalk- und Natronsalze wird aber Kali u. s. w. frei, und weil im Wasser gerade die Kalk- und Natronsalze in weit bedeutenderer Menge als die übrigen Salze zugegen sind, so muss die lösende Wirkung der ersteren auf die letzteren in quantitativer Beziehung nicht unbeträchtlich sein. Steht über dem Boden noch Wasser, so diffundiren die im Boden gelösten Kalisalze u. s. w. hinauf in das Wasser und wird dieses nun von der Wiese abgelassen, so gehen dem Boden werthvolle Düngstoffe verloren. Zudem bilden sich in dem Boden unter dem Wasser, weil der Luftzutritt abgeschlossen ist, aus den reichlich vorhandenen humosen Substanzen Humussäuren, welche energisch lösend wirken auf die absorbirten Stoffe; sind die Stoffe aber einmal gelöst, so verfallen sie der Diffusion nach oben und würden mit dem Wasser von der Wiese fortgehen. Um diesem vorzubeugen, wird es zweckmässig sein, immer so zu bewässern, dass das einmal auf eine Wiesenabtheilung geleitete Wasser nicht mehr von derselben abfliesst, sondern in ganzer Menge in den Boden hinabgeht. Am besten wird man dies auf Rieselwiesen erreichen, wenn man die Rieselabtheilungen durch niedrige Umwallungen am Abfliessen des aufgeführten Wassers verhindert, einige Zoll Wasser aufzieht, wenn dieses versunken ist, von Neuem einige Zoll aufzieht und damit fortfährt, bis der Boden zu 1 Fuss Tiefe mit Wasser durchtränkt ist. Wenn der grösste Theil des Wassers wieder verdunstet ist, zieht man von Neuem das Wasser auf und tränkt in der angegebenen Weise den Boden. Mit dieser Berieselung fährt man solange fort, als die Vegetation es gestattet. Bei dieser Art der Berieselung kann man der Wiese grosse Mengen Wasser zuführen, und mit dem Wasser auch grosse Mengen pflanzlicher Nährstoffe. Alle mit dem Wasser in den Boden

gelangenden Stoffe bleiben in ihm zurück, während das Wasser verdunstet, und kommen der Vegetation zu Gute. Kennt man den Gehalt des Wassers und die Menge Wasser, welche der Wiese zugeführt wird, so kann man leicht berechnen, wie viel Nährstoffe für die Wiesenvegetation gewonnen werden. Besonders günstig wirken aber auch die im Wasser gelösten Stoffe durch ihre lösende Kraft, denn es ist kein Verlust dadurch zu befürchten und die Nährstoffe werden den Pflanzen zugänglicher. Tiefer als 1 Fuss den Boden zu durchtränken, ist nicht rathsam, weil in der tieferen Schicht sehr wenig Wurzeln sind, und ein grosser Theil der hierher gelangenden Stoffe nicht wieder aufgenommen und den Pflanzen zugeführt wird. Vielleicht in leichtem Sandboden dürfte dies eine Ausnahme erleiden; in ihm scheinen die Wurzeln tiefer einzudringen und müsste hier vielleicht zu 1½ Fuss Tiefe der Boden durchtränkt werden. Wo man genöthigt ist, zu anderen Zwecken als zur Ernährung zu bewässern und das Wasser ablaufen zu lassen, wie z. B. im Frühjahre, um durch eine Wasserschicht die junge Wiesenvegetation vor den Nachtfrösten und dem Erfrieren zu beschützen, da muss man freilich einen Verlust an pflanzlichen Nährstoffen mit in den Kauf nehmen.

100 Theile lufttrocknes Heu enthalten nach Mittelzahlen berechnet:

Wasser.	Asche.	PO_5	KO	CaO	MgO	SO_3	SiO_3	N
14	5,86	0,45	1,30	1,14	0,46	0,5	2,00	2,00

Eine gute Wiese liefert im Mittel an Heu und Grummet circa 2500 Pfd. und diese enthalten:

11,3 PO_5 42,5 KO 28,5 CaO 11,5 MgO 12,5 SO_3 50,0 SiO_3 50,0 N.

Druck von A. Paul & Co. in Berlin, Kronenstrasse 21.

Berichtigungen.

Seite 4 Zeile 25 von oben ist hinter „Schleim“ einzuschalten: „dem gewiss auch Kohlenhydrate beigemischt sind“.
— 34 — 1 von unten lies statt matoistischen: „atomistischen“.
— 82 — 9 — — muss das Komma, welches hinter „überhaupt“ steht, hinter „Wiesenbau“ stehen.
— 184 — 4 von oben lies statt Lupinenfelde: „Luzernefelde“.
— 186 lies überall statt Fig. 26: „Fig. 27.“
— 232 — 8 von oben muss hinter „Kohlensäure“ ein Komma stehen.
— 235 — 28 — — lies statt 1832: „1862“.
— 290 — 17 von unten lies statt C: „C_{12}“.
— 298 — 7 von oben lies statt $C_{12}H_{10}H_{10}$: „$C_{12}H_{10}O_{10}$“.
— 303 — 10 von unten lies statt Annahme: „Existenz“.
— 304 — 5 — — streiche „sich“.
— 316 — 13 — — liess statt Pflanzen: „Salze“.
— 331 — 33 von oben lies statt Kohlensäure: „kohlensaure Salze“.
— 352 — 8 von unten lies statt überreicher: „reicher“.
— 353 — 2 von oben lies statt erhielt: „erhielten“.
— 360 — 14 — — lies statt sicher: „wahrscheinlich“.
— 445 — 4 — — lies statt Forst: „Frost“.
— 465 — 31 — — lies statt Keimes: „Keimens“.
— 504 — 26 — — ist hinter „Wurzel“ „in den Boden“ einzuschalten.
— 523 — 25 von unten lies statt 20: „5“.
— 540 — 11 — — hinter „Wurzel“ muss ein Komma stehen.
— 567 — 11 von oben lies statt und: „oder“.
— 582 — 13 — — lies statt vom: „viel“.

Im Verlage von **Grg. Ferd. Otto Müller** in **Berlin,** Bendlerstrasse Nr. 29, ist ferner erschienen:

SCHACHT, Dr. H., Prof. in Bonn, **Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse.** 2 Theile. 1856.—1859. br. n. 8⅓ Thlr.

Inhalt: I. Theil. *Die Pflanzenzelle u. ihre Lebenserscheinungen. (Zellen, Gewebe, Gefässbündel, stammlose Zellenpflanzen.)* Mit 105 eingedruckten Holzschnitten und 143 lithographirten, zum Theil farbigen Abbildungen auf 5 Tafeln. gr. 8. 28½ Bog. br. n. 3⅓ Thlr.

II. Theil. *Die zusammengesetzten Organe (Stamm, Blatt, Wurzel, Fortpflanzung der Kryptogamen, Blüthe, Befruchtung, Frucht, Saame und Vermehrung der Phanerogamen; Lebenserscheinungen und Tod der Gewächse.) Nachträge für den I. Theil; Sach- und andere Register über beide Theile.* Mit 410 eingedruckten Holzschnitten und 212 lithographirten Abbildungen auf 6 Tafeln. gr. 8. 40 Bog. br. n. 5 Thlr.

— — **Grundriss der Anatomie und Physiologie der Gewächse.** *Zum Gebrauch beim Unterricht und zum Selbststudium für Mediciner, Pharmaceuten, Land- und Forstwirthe, sowie für Studirende überhaupt.* Mit 349 mikroskop. Abbild. auf 159 in den Text gedruckten Holzschnitten, gr. 8. 13½ Bog. br. 1859. n. 1½ Thlr.

— — **Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse.** Mit 9 Tafeln lithogr. Abbildungen und mit zahlreichen in den Text eingedr. Holzschnitten. gr. 8. 21 Bog. 1854. n. 3⅓ Thlr.

— — **Der Baum.** *Studien über Bau und Leben der höheren Gewächse.* Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 575 Abbildungen auf 4 lithographirten Tafeln und 227 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Lex.-8. 24¼ Bog. br. 1860. n. 4⅓ Thlr.

— — **Das Mikroskop und seine Anwendung** *insbesondere für Pflanzen-Anatomie.* 3te Aufl. Mit 300 Abbildungen auf 110 in den Text eingedruckten Holzschnitten und 2 lithogr. Tafeln. gr. 8. 19¼ Bog. br. 1862. n. 2¼ Thlr.

— — **Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe** *durch das Mikroskop und durch chemische Reagentien.* Mit 3 lith. Tafeln. gr. 8. 4½ Bog. br. 1853. n. 1¼ Thlr.

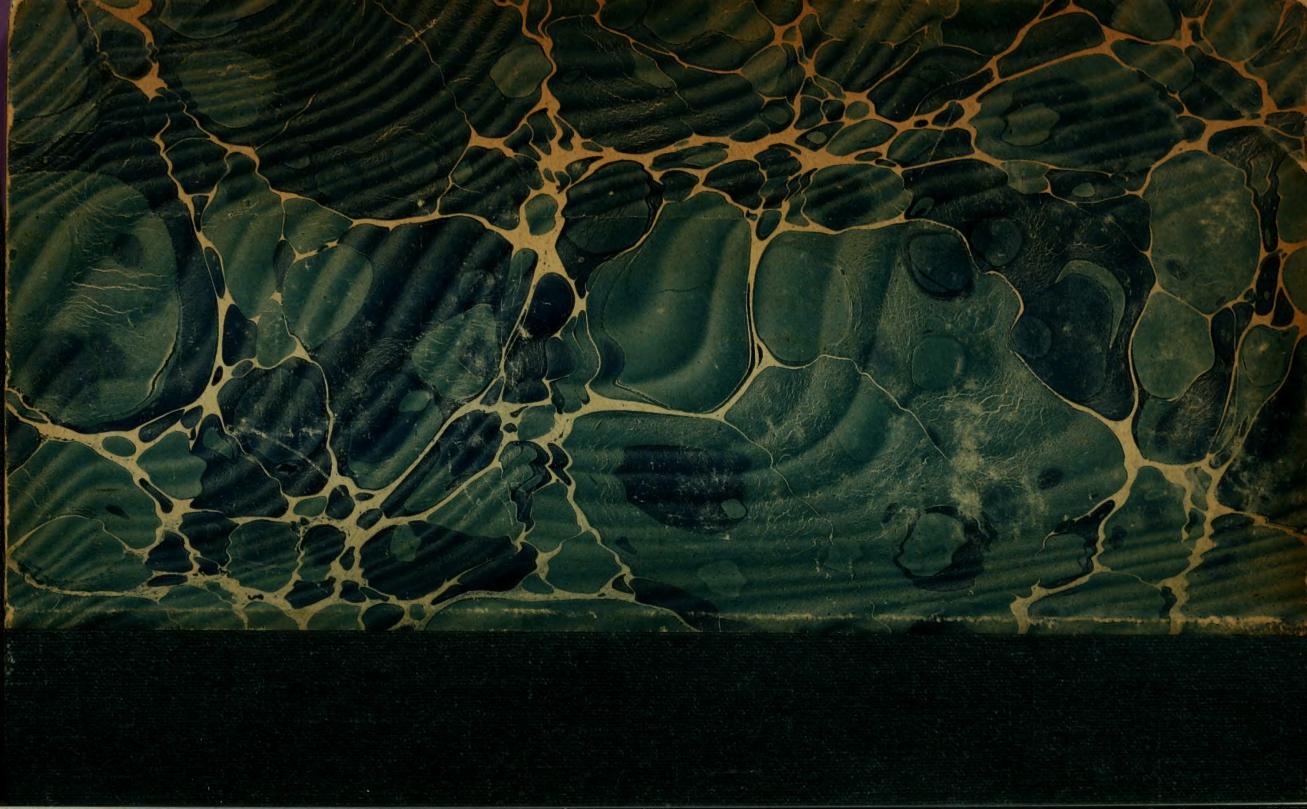
DOVE, Dr. H. W., Prof., **Darstellung der neueren Farbenlehre und optische Untersuchungen.** Mit Portrait und 2 Tafeln. gr. 8. 19 Bog. br. 1853. n. 1⅚ Thlr.

— — **Optische Studien.** Nachträge zu obigem Werke. gr. 8. br. 1859. n. ½ Thlr.

GUBE, FR., **die Ergebnisse der Verdunstung und des Niederschlages nach Messungen an neuen, zum Theil registrirenden Instrumenten** *auf der Königl. Meteorologischen Station Zechlin bei Guhrau.* Mit einem Vorworte vom Geheimen Regierungsrath Professor **Dr. Dove** in Berlin. *Nebst den Zeichnungen der Instrumente und 2 Tafeln graphischer Darstellung.* Herausgegeben unter Beihülfe der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 4 Tafeln gr. 8. 3½ Bog. br. n. 25 Sgr.

KOEHLER, Prof., FR., **Lehrbuch der Chemie.** 7te Aufl. gr. 8. 33 Bog. br. 1855. n. 1½ Thlr.

SCHÖNEMANN, TH., Prof., **das Horizontal-Dynamometer und seine Anwendung auf die Mechanik.** *Nebst Ableitung eines neuen Princips für den Ausfluss tropfbarer und luftförmiger Flüssigkeiten.* Für Physiker, Mathematiker, Artilleristen, Mechaniker etc. Mit 5 Tafeln in Steindruck und 1 Holzstich. gr. 8. 8¾ Bog. br. 1864. n. 1½ Thlr.

Druck von A. Paul & Co. in Berlin, Kronenstrasse 21.

New York Botanical Garden Library
QK867 .S38 gen
Schumacher, Wilhelm/Die Ernahrung der Pf
3 5185 00002 6540